This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

H42.20

HARVARD UNIVERSITY

LIBRARY OF THE
MINERALOGICAL
LABORATORY
UNIVERSITY MUSEUM

Transferred to
CABOT SCIENCE LIBRARY
June 2005

QE
372
B.87
V.1

A 543

MINERALIEN-SAMMLUNGEN

EIN HAND- UND HILFSBUCH FÜR ANLAGE UND INSTANDHALTUNG MINERALOGISCHER SAMMLUNGEN

VON

DR. WOLFGANG BRENDLER

I. TEIL

MIT 314 FIGUREN IM TEXT,
Z. T. NACH ORIGINALZEICHNUNGEN
DES VERFASSERS

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1908

H42:20
May 10, 1924
HARVARD UNIVERSITY
MINERALOGICAL LABORATORY
(2 vols)

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

Zool. D/362

Seinem hochverehrten Lehrer

Herrn Königl. Geh. Hofrat Prof. Dr.

Ritter von Groth

in München

in Hochschätzung und Dankbarkeit

Der Verfasser.

Vorwort.

Die starren, leblosen Mineralien oder »Steine« — wie die meisten Leute zu sagen pflegen — scheinen dem oberflächlichen Beobachter auf den ersten Blick weniger der Beachtung und des Sammelns wert zu sein, als etwa schimmernde Falter, groteske Käfer, bunte Muscheln, graziöse Pflanzen.

Bis vor wenigen Jahren war der Kreis derer, die in ihren Mineraliensammlungen eine schier unerschöpfliche Quelle neuer Freuden besaßen und fanden, klein, sehr klein im Verhältnis zu der ungeheuer großen Zahl von Schmetterlings-, Käfer- und Briefmarkensammlern.

In neuester Zeit scheint aber auch in dieser Beziehung eine Wandlung eintreten zu wollen; denn die z. T. hervorragend schönen und trefflichen Publikationen mineralogischen Inhalts, die in den letzten Jahren vornehmlich auf dem deutschen Büchermarkt erschienen, deuten doch darauf hin, daß das Interesse für diesen bisher fast nur von Fachgelehrten gepflegten Zweig der Naturwissenschaften auch unter gebildeten Laien wach wird; daß die von vielen mit einem mitleidigen Achselzucken abgetanen »Steine« nun doch auch in weiteren Kreisen für des Sammelns wert befunden werden.

Und sie sind es in der Tat! Wer, nicht zurückgeschreckt durch die anfänglichen Schwierigkeiten, welche für den Neuling im Mineraliensammeln — sofern er das Sammeln wirklich wissenschaftlich betreiben will — in den meisten Fällen ohne Zweifel bedeutendere sind, als für den angehenden Sammler anderer Naturgegenstände, einmal tiefer eingedrungen ist in die wunderbare Welt des Leblosen; wer Einblick erhalten hat in die merkwürdigen Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung und gesetzmäßiger äußerer Form der Mineralien; wem es nach wiederholten, anfangs vergeblichen Versuchen endlich gelungen ist, die spiegelnden Flächen eines schimmernden Krystalls in der richtigen Weise zu deuten: den wird der geheimnisvolle Zauber, der auch über diesem Gebiet der herrlichen Natur liegt, immer und immer wieder anziehen und fesseln.

Zudem erfordert die Instandhaltung einer Mineraliensammlung bei weitem nicht soviel Zeit und Mühe, wie etwa diejenige einer Schmetterlings- oder Käfersammlung; denn die Anzahl der Feinde und Schädlinge, die ja jede Sammlung in mehr oder minder hohem Grade mit Zerstörung bedrohen, ist bei den dauerhaften Mineralien naturgemäß viel geringer als bei den subtilen Gebilden organischen Ursprungs.

Das vorliegende Buch will angehenden Mineraliensammlern die zweckmäßige Anlage ihrer Sammlung nach Möglichkeit erleichtern und dieselben gleichzeitig bei der Aneignung der nötigen Vorkenntnisse und der Anwendung der verschiedenen Hilfsmittel unterstützen; aber auch der Fortgeschrittenere wird vielleicht manches ihm noch unbekannte Brauchbare in diesen Blättern finden, die aus der Praxis für die Praxis geschrieben wurden.

Zur Illustrierung konnten z. T. Figuren aus anderen, im gleichen Verlage erschienenen Werken Verwendung finden, und zwar wurden entlehnt aus P. v. Groth: »Physikalische Krystallographie« die Abb.: 6, 7 u. 161; aus Naumann-Zirkel: »Elemente der Mineralogie« die Abb.: 39—53, 55—81, 84—103, 109, 112, 114, 119, 122—144, 147—153, 159, 160, 162, 163, 166, 172—175, 177—186, 189—191, 194, 202—212, 231—233, 259, 261, 262, 265, 269, 271—276, 278, 282—288, 290 und 291.

Zittau, im September 1908.

Dr. **W. Brendler.**

Inhalt.

Seite

Einleitung 1
Was ist ein Mineral? 1
Das Sammeln der Mineralien 4
Ausrüstung für mineralogische Exkursionen 7
Reinigen und Bestimmen der Mineralien 10

Morphologie

Der Begriff »Krystall« 13
Krystallmessung 15
Die Symmetrieverhältnisse der Krystallformen 18
Die Achsenkreuze 26
Krystallographische Bezeichnungsweisen 28
I. Reguläres System 33
Holoëdrie 33
Die Teilflächner des regulären Systems 41
I. Tetraëdrische Hemiëdrie 41
II. Pentagondodekaëdrische Hemiëdrie 45
III. Plagiëdrische Hemiëdrie 49
Tetartoëdrie 50
II. Hexagonales System 52
Holoëdrie 52
Die Teilflächner des hexagonalen Systems 62
I. Rhomboëdrische Hemiëdrie 63
II. Pyramidale Hemiëdrie 69
III. Trapezoëdrische Hemiëdrie 71
Viertelflächner (Tetartoëder) des hexagonalen Systems 73
I. Trapezoëdrische Tetartoëdrie 73
II. Rhomboëdrische Tetartoëdrie 76
Hemimorphie 77
III. Tetragonales System 79
Holoëdrie 79
Die Teilflächner des tetragonalen Systems 87
I. Sphenoidische Hemiëdrie 87
II. Pyramidale Hemiëdrie 89
Sphenoidische Tetartoëdrie 91
Hemimorphie 91
IV. Rhombisches System 92
Holoëdrie 92
Die Teilflächner des rhombischen Systems 101
Sphenoidische Hemiëdrie 101
Hemimorphie 102

Seite

V. Monoklines System 104
Holoëdrie 104
Teilflächner des monoklinen Systems 113
VI. Triklines System 115
Krystallverwachsungen 127
1. Parallelverwachsungen 127
2. Zwillingsbildung 128
3. Gesetzmäßige Verwachsungen von Krystallen verschiedener Mineralien . . . 135
Unregelmäßige Verwachsungen 135
Pseudomorphosen 137

Physikalische Eigenschaften der Mineralien

Bruch 139
Spaltbarkeit 140
Tenacität 141
Härte 141
Specifisches Gewicht 143
Glanz 148
Farbe 150
Strich 152
Pleochroismus 153
Farbenschiller 155
Asterismus 156
Irisieren 157
Fluorescenz 157
Phosphorescenz (Luminescenz) 157
Grad der Durchsichtigkeit (Pellucidität) 159
Doppelbrechung 160
Magnetismus 165
Elektrizität 166
Geschmack, Geruch, Gefühl 167

Chemische Eigenschaften der Mineralien

Chemische Grundbegriffe 168
Polymorphie und Isomorphie 173
Lötrohranalyse 175
1. Prüfung im Glasröhrchen (Kölbchen) 177
2. Prüfung vor dem Lötrohr 179
3. Prüfung in der Phosphorsalz- und Boraxperle 181
4. Prüfung mittels Flammenfärbung 182

Die Mineraliensammlung

Die Größe der zu sammelnden Stücke; Präparation derselben 184
Die Feinde der Mineraliensammlung 186
Die Einrichtung der Sammlung 189

Einleitung.

Die reichhaltigsten, prächtigsten öffentlichen Mineraliensammlungen können demjenigen, welcher sich eingehender mit den Bausteinen unserer Erdrinde bekannt zu machen wünscht, eine eigene Sammlung, — und sei dieselbe auch noch so bescheiden —, ebensowenig ersetzen, wie die vortrefflichsten mineralogischen Lehrbücher und Prachtwerke; denn eine ganze Reihe von eigentümlichen, charakteristischen Eigenschaften der Mineralien, (wie Schwere, Glanz, Bruch, Krystallform), läßt sich nur dann deutlich wahrnehmen, wenn wir die Stücke wirklich in der Hand halten und von allen Seiten, — bisweilen unter Zuhilfenahme der Lupe —, betrachten dürfen, ein Verfahren, das sich bei Schausammlungen, in denen die Mineralien in ausgesuchten Exemplaren meist in respektvoller Entfernung hinter Glas liegen, natürlich von selbst verbietet. Zudem ist es ja nur einem geringen Prozentsatz der Menschheit: den in den Groß- und Universitätsstädten Wohnenden, vergönnt, öffentliche Schausammlungen eingehender studieren zu können; denn der durchreisende Provinzler wird sich, vorausgesetzt, daß es das Verhängnis nicht will, daß die Sammlung an dem betreffenden Tage gerade »geschlossen« ist, selbst wenn er mehrere Stunden seines oft knapp bemessenen Aufenthalts opfert, angesichts der erdrückenden Fülle von Neugesehenem nur einen allgemeinen Überblick verschaffen können.

Was ist ein Mineral?

Jeder Naturfreund, der die Absicht hegt, eine bestimmte Klasse von Naturgebilden in einer Sammlung zu vereinigen, muß sich darüber klar sein, welche Objekte er seiner Sammlung einverleiben darf, und welche, als nicht hierher gehörig, auszuschließen sind, sofern er nicht in einen Fehler verfallen will, welchem man bei »Mineraliensammlern« leider sehr häufig begegnet, nämlich interessante Naturgegenstände aller möglicher Arten: Versteinerungen, Gesteine, eigentliche Mineralien, ja wohl auch noch Entfernter-Liegendes, in einer »Steinsammlung« zusammenzupfropfen, die in Wirklichkeit doch nur aus den regellos durcheinander gewürfelten Anfängen verschiedener Sammlungen besteht.

In eine Mineraliensammlung gehören aber eben nur Mineralien und nichts anderes, ebensowenig wie etwa in eine Schmetterlingssammlung Käfer gehören.

Wir hätten also zunächst die Grenzen des Mineralreichs festzustellen, die wie die Grenzen eines Staates im Laufe der Zeit und fortschreitenden Erkenntnis mannigfache Verschiebungen erfahren haben und welche, — genau wie bei den politischen Staaten —, auch heute noch den Gegenstand von Grenzstreitigkeiten bilden.

Unter Mineralien versteht man im allgemeinen leblose, anorganische Naturkörper bestimmter chemischer Zusammensetzung, welche am Aufbau der Erdrinde beteiligt und stofflich gleichartig beschaffen (homogen) sind.

Wie diese Erklärung besagt, haben wir es im Mineralreich also ausschließlich mit Naturkörpern zu tun; alle Kunstprodukte sind auszuschließen, selbst wenn dieselben in chemischer und physikalischer Hinsicht bestimmten Mineralien gleichen, z. B. künstlicher Rubin, wie er in neuerer Zeit beim sogenannten Thermitverfahren als Nebenprodukt gewonnen wird, Hochofengraphit; auch künstlich geschlämmte Mineralien (Graphit, Kaolin, usw.), da diese keine reinen Naturprodukte mehr sind.

Auszuschließen sind natürlich ferner alle künstlich abgeschiedenen Metalle, wie Gold, Quecksilber, Silber, Kupfer, Blei, Zinn, Wismut, usw., und deren Legierungen[1]); nicht zu verwechseln sind damit die gediegenen Vorkommen dieser Metalle, die natürlich zu den Mineralien zu rechnen sind.

Auch die Einreihung von Edelsteinimitationen aus böhmischem Krystallglas, die man öfters antrifft, ist zu verwerfen; gesondert von der Mineraliensammlung aufbewahrt, bilden dieselben dagegen unter Umständen eine ebenso willkommene Ergänzung der Sammlung, wie etwa die Gipsmodelle seltener oder kostbarer Mineralien (Meteoriten, Gold- und Platinklumpen), von denen Privatsammler sonst meist nur bescheidene Stückchen erlangen können.

Unsere Definition des Begriffes »Mineral« besagt weiter, daß der betreffende Naturkörper ein lebloser, anorganischer Körper sein muß, was freilich nicht ausschließt, daß derselbe organischer Herkunft sein kann.

Die verschiedenen chemischen Verbindungen, welche der Tier- und Pflanzenkörper zum Teil in krystallisierter Form ausscheidet, — es sei hier nur erinnert an die Abscheidung von kohlensaurem Kalk in den Muschelschalen, Perlen, Schneckenhäusern, Eierschalen, usw., wie an die Krystallisationen in Pflanzenzellen (Oxalsäure, Oxalate, Kieselsäureanhydrid) —, gehören freilich nicht ohne weiteres zu den Mineralien.

Dagegen rechnet man, altem Herkommen gemäß, zu denselben diejenigen Körper organischen Ursprungs, welche im Laufe der Zeit durch

---

1) Die Warnung vor dergleichen Kunstprodukten, die durch mehr oder minder komplizierte Hüttenprozesse gewonnen werden, ist keineswegs unberechtigt, denn man begegnet ihnen öfters in Privatsammlungen; Verfasser fand sogar in der neuesten Auflage einer bekannten, vorzugsweise für die Jugend bestimmten Anleitung zum Sammeln von Naturalien die Aufforderung, die Mineraliensammlung durch Kupfer, Silber und Gold vom Kupfer- bzw. Goldschmied, durch Stangenschwefel und Schwefelblumen vom Drogisten zu bereichern! —

äußere chemische und physikalische Einflüsse mehr oder minder eingreifende Veränderungen erlitten haben, welche man als »Mineralisation« bezeichnet. So z. B. die in allen möglichen Stadien dieser Umwandlung anzutreffenden Pflanzenreste längst vergangener Perioden der Erdgeschichte, welche wir unter dem Namen »Kohlen« zusammenfassen, von den bezüglich ihrer Zusammensetzung und Struktur dem Holze zum Teil noch sehr nahestehenden »Braunkohlen« bis zu dem fast völlig mineralisierten »Anthracit«. Man gönnt diesen, streng genommen nicht zu den eigentlichen Mineralien zu rechnenden Naturkörpern in den meisten Mineraliensammlungen wenigstens am Schluß noch ein Plätzchen. Das gleiche gilt für den »Bernstein« (bekanntlich das erhärtete Harz ausgestorbener Nadelhölzer), die verschiedenen, in Kohlenlagern sich bisweilen findenden krystallisierten und amorphen Kohlenwasserstoffe, bzw. die Mischungen derselben, das Petroleum, das Erdwachs, u. a. m.

Wohl weit größeres Anrecht als diese, in ihrer chemischen Zusammensetzung und stofflichen Ungleichförmigkeit den organischen Ursprung verratenden »Fossilien« hätten auf einen Platz unter den Mineralien manche weitverbreitete Kalksteine, welche, ganze Gebirge bildend, oft noch die Struktur der sie ehemals aufbauenden Riffkorallen aufweisen, bei mikroskopischer Untersuchung aber ebenso, wie die häufigen verkieselten oder »versteinerten« Hölzer vollständig aus winzigen Kryställchen eines Minerals zusammengesetzt erscheinen.

Ebenso gut aber, ja vielleicht mit noch größerem Rechte, kann man diese, in die äußere Form ehemaliger organischer Gebilde gekleideten Mineralaggregate in die Paläontologie, jene wichtige Hilfswissenschaft der Geologie, verweisen, welche sich mit der Erforschung der Tier- und Pflanzenwelt früherer Epochen der Erdgeschichte befaßt; und man wird das auch bei allen denjenigen Stücken tun müssen, welche man weniger der sie bildenden Substanz halber, als vielmehr wegen der besonders guten Erhaltung der äußeren Form des ehemaligen organischen Gebildes aufbewahrt, (z. B. Fisch- und Pflanzenabdrücke in Kupferschiefer, Bernstein mit Insekteneinschlüssen, u. s. f.).

Alle Tier- und Pflanzenversteinerungen und Abdrücke sind also, sofern unser Interesse nicht lediglich der Substanz des Versteinerungsmittels gilt, (Calcit, Quarz, Opal, Pyrit, usw.), aus der Mineraliensammlung zu verbannen und einer paläontologischen Sammlung einzureihen.

Unsere Erklärung des Mineralbegriffs schaltet noch eine weitere Klasse der anorganischen Naturkörper aus, deren Glieder mit den eigentlichen Mineralien nahe verwandt sind, nämlich die Gesteine.

Die für ein Mineral charakteristischen Bedingungen einer bestimmten chemischen Zusammensetzung und der stofflichen Gleichartigkeit werden von diesen nicht erfüllt. Die meisten Gesteine sind Vereinigungen einer, in der Regel eng begrenzten Anzahl von Mineralien und unterliegen bezüglich ihrer Zusammensetzung aus Einzelmineralien auch bestimmten

Gesetzmäßigkeiten, deren Erforschung eine besondere Wissenschaft bildet: die Gesteinskunde oder Petrographie.

Die Einzelwesen der die Gesteine zusammensetzenden Mineralien sind nicht immer so groß, daß man sie auf der Bruchfläche des Gesteins mit bloßem Auge leicht voneinander unterscheiden kann, wie z. B. bei den Graniten; in vielen Fällen müssen wir das Mikroskop zu Hülfe nehmen, um die zusammengesetzte Natur eines Gesteins unzweideutig feststellen zu können, z. B. bei manchen Basalten, Phonolithen, Trachyten, Laven, Obsidian, usw.

Auch die chemische Untersuchung ermöglicht es uns, Gesteine und eigentliche Mineralien zu unterscheiden, da die Mineralien, (abgesehen von den Elementen), immer nur aus einigen wenigen Grundstoffen bestehen, die in bestimmten, durch einfache Zahlen ausdrückbaren Mengenverhältnissen zu chemischen Verbindungen vereinigt sind, während wir bei den Gesteinen wechselnden und komplizierten Mengenverhältnissen der sie bildenden chemischen Elemente begegnen.

Auch Gesteine, namentlich hübsche Schliffproben der an Monumental- und Friedhofsbauten viel verwendeten Granite, Syenite, usw., trifft man oft in den Sammlungen von Laien mitten unter den Mineralien an. Sofern unsere Sammlung jedoch berechtigten Anspruch auf den Titel »Mineraliensammlung« machen will, müssen wir auch alle Gesteine ausscheiden.

Das Sammeln der Mineralien.

Der Mineraliensammler ist in gewisser Beziehung besser daran als der Sammler von Schmetterlingen, Käfern und anderen lebenden Naturgebilden; denn während dieser nur in der wärmeren Jahreszeit auf Ergiebigkeit seiner Exkursionen rechnen darf, kann jener fast das ganze Jahr hindurch, sofern das Wetter einen Aufenthalt im Freien gestattet, nach Mineralien suchen; selbst der Winter wird, falls die Schneeverhältnisse günstig sind, das Suchen in den Steinbrüchen, usw. nicht beeinträchtigen.

Vor allem wird der Mineraliensammler die nähere Umgebung seines Wohnortes auf ihre Ergiebigkeit an Mineralien hin durchforschen, und namentlich werden etwaige Steinbrüche, Kies-, Sand-, Ton-, und Lehmgruben fortgesetzt das Ziel seiner Aufmerksamkeit bilden; denn es kommt oft vor, daß man bei ständiger Beobachtung und unermüdlichem Wiederaufsuchen solcher immer weiter fortschreitender »Aufschlüsse«, selbst wenn dieselben bisher noch nichts Sammelnswertes an Mineralien geliefert haben, schließlich doch einmal einen glücklichen Fund tut; auch Brunnen- und Bahnbauten, sowie sonstige Ausschachtungen liefern bisweilen willkommene Objekte.

Für alle Fälle ist es vorteilhaft, sich mit den in den Steinbrüchen und Gruben beschäftigten Aufsehern und Arbeitern ins Einvernehmen zu setzen, von denen der eine oder andere gewiß gern bereit sein wird, gegen geringes

Entgelt interessante Stücke bis zu unserem nächsten Besuch der betreffenden Fundstätte aufzubewahren.

Nur verfalle man dabei nicht in den Fehler, die in ihren Forderungen anfänglich meist bescheidenen Leute, durch überreichliche Trinkgelder, usw. zu verwöhnen und auf diese Weise die Preise für gute Stücke des betreffenden Mineralvorkommens zu einer dem wirklichen Wert keineswegs entsprechenden Höhe hinauftreiben zu helfen, was leider sehr oft geschieht, wenn Unkundige, denen es auf ein Goldstück nicht ankommt, für recht augenfällige, große Krystalldrusen, die nach den Angaben der Arbeiter ja dann immer »sehr selten« sind, jeden verlangten Preis bezahlen, nur um in den Besitz des heißbegehrten Stückes zu gelangen.

Späterhin wird man seine mineralogischen Exkursionen auch auf entferntere Punkte der weiteren Umgebung ausdehnen, von denen man sich eine vorteilhafte Ausbeute verspricht, und schließlich auch einmal, — das Nützliche mit dem Angenehmen verbindend —, eine mineralogisch besonders interessante Gegend des engeren oder weiteren Vaterlandes als Ziel einer Erholungsreise wählen, um die werdende Sammlung immer weiter ausbauen zu können.

Vor Antritt einer solchen größeren Exkursion werden wir uns zweckmäßig genaue Kenntnis von den für die betreffende Gegend charakteristischen Mineralien und deren bekannten Fundstätten zu verschaffen suchen, indem wir die uns zur Verfügung stehenden einschlägigen Werke daraufhin durchmustern. Auch die Benutzung der von manchen Gegenden existierenden vortrefflichen geologischen Führer, (z. B. der im Verlage von Gebr. Bornträger, Berlin, erschienenen), die öfters nebenbei für uns wertvolle Notizen über Mineralfundstätten enthalten, ist anzuraten. Ebenso werden wir auf unseren Reisen die Bekanntschaft von verständigen Lokalsammlern und genauen Kennern der betreffenden Gegend zu machen suchen, um von ihnen wertvolle Aufschlüsse über die Fundorte der Gegend zu erhalten und vielleicht auch einen Mineralienaustausch einzuleiten.

Dem Besitzer besonders lieb und wert sind natürlich immer die selbstgesammelten Stücke, selbst wenn sie weniger schön sind als andere, durch Tausch oder Kauf erworbene. Knüpfen sich doch an jedes von ihnen Erinnerungen betreffs der Natur und Beschaffenheit des Fundorts und tausend kleine Freuden, die ihm jene nicht gewähren können. Freilich ist man gerade auf Reisen oftmals genötigt, zum Kauf oder Tausch seine Zuflucht zu nehmen, sofern man bestimmte, für den betreffenden Fundort charakteristische Mineralien in guten Exemplaren zu besitzen wünscht, da ergiebige Funde schöner Stücke meist nur ab und zu gemacht werden, und man nur selten so glücklich ist, an der Hebung eines solchen Schatzes teilnehmen zu können.

Der angehende Sammler wird billigerweise alles, was er nur bekommen kann, auch in weniger guten Exemplaren gern nehmen, später aber, wenn ihm ein besseres Stück vom selben Fundort zur Verfügung steht, dieses

an Stelle des ersteren seiner Sammlung einverleiben, es sei denn, daß dieses ein selbstgesammeltes ist, das er dann immer noch neben jenem besseren, aber gewissermaßen fremderen, behalten wird.

Wie die Verteilung anderer Glücksgüter, so ist auch diejenige der Mineralschätze auf die verschiedenen Gegenden eine außerordentlich ungleichmäßige; während der Sammler in manchen Landstrichen nur die Hand auszustrecken braucht, um reiche Beute zu machen, wird er an anderen Orten selbst bei unermüdlichem Suchen mit sehr bescheidenen Funden zufrieden sein müssen.

Besonders günstig liegen die Verhältnisse für den Sammler, der in einer Gegend wohnt, die durch Bergbau oder Steinbruchsbetrieb eine große Anzahl verschiedener Mineralien liefert; denn dann kann er einmal einen großen Teil seiner Sammlung mit wenig Mühe selber sammeln, und andererseits wünschenswerte Ergänzungen durch Tausch leicht bewerkstelligen, bei dem er infolge der großen Auswahl verschiedensten Anforderungen gerecht zu werden vermag.

Etwas weniger vorteilhaft, aber immer noch sehr günstig, ist das Vorhandensein einiger weniger, aber vielbegehrter Mineralien; die Sammlung wird dann zwar nur eine beschränkte Anzahl selbstgesammelter Stücke aufweisen können, aber man besitzt doch in diesen einheimischen Mineralien eine unerschöpfliche Quelle von Tauschobjekten, die einen weiteren Ausbau der Sammlung ohne großen Kostenaufwand ermöglicht.

Weite Landstriche entbehren aber auch solcher Fundstätten, und man sollte meinen, daß die Naturfreunde jener Gegenden nur durch größere Geldopfer in den Besitz einer Mineraliensammlung gelangen könnten; aber solche Orte haben oft gerade einen großen Reichtum an mannigfaltigsten Versteinerungen aufzuweisen oder bergen irgendwelche seltenere Gesteine. Diesen wird dann der Sammler seine Aufmerksamkeit zuwenden und das Gesammelte gegen Mineralien einzutauschen suchen. Nicht nur Privatsammler, sondern auch mineralogische Handlungen sind bisweilen bereit, Petrefakten oder Gesteine gegen Mineralien einzutauschen, (oder käuflich zu erwerben), namentlich wenn man ihnen eine größere Anzahl derselben Art liefern kann.

Auch auf unseren Exkursionen und Reisen werden wir gute Stücke von Versteinerungen nicht achtlos beiseite schieben, sondern als willkommene Tauschobjekte mitnehmen; ja bisweilen entwickelt sich auf diese Weise neben unserer mineralogischen Sammlung ganz von selber der Grundstock zu einer zweiten, paläontologischen, deren einwandfreie Anordnung uns freilich noch mehr Schwierigkeiten bereiten wird, als die der Mineraliensammlung.

Nur in den seltensten Fällen wird es dem Privatsammler gelingen, von allen Mineralgruppen passende Vertreter selbst zu sammeln oder durch Tausch zu erlangen, und er wird, sofern er seine Sammlung einigermaßen zu vervollständigen und in den Besitz seltenerer Stücke, — zum Teil von weit entfernten Fundstellen —, zu gelangen wünscht, schließlich die Lücken nach und nach durch gekaufte Mineralien ausfüllen.

Mineralien sind, abgesehen von den häufigsten Arten, im allgemeinen nicht billig; für Seltenheiten werden oft sehr hohe Preise gezahlt; die Preise für manche Vorkommen sind infolge der regen Nachfrage seitens des Reisepublikums außerordentlich gestiegen, (z. B. im Binnental).

Es bestehen in Deutschland, wie auch in anderen Ländern, eine ganze Reihe von Handlungen, welche sich mit dem Verkauf von Mineralien befassen, von denen einige hier aufgeführt werden mögen: C. Armbster, Goslar; D. Blatz, Heidelberg; Jul. Böhm, Wien I, Magsedergasse 3; E. A. Böttcher, Berlin C. 2, Brüderstraße 15; Foote, Paris; Mineralienniederlage der Kgl. Sächs. Bergakademie, Freiberg; V. Frič, Prag, Wladislawgasse 21a; Grebel, Wendler u. Cie., Genf, Cours des Bastions 3; Fr. Kohl, München, Schellingstr. 30 II; Dr. F. Krantz, Bonn a. Rh., Herwarthstr. 36; A. Otto, Wien VIII, Schlösselgasse 2; A. Stuer, Paris, 4 Rue de Castellane; u. a. m.

Auch außerhalb Europas existieren Mineralienhandlungen, vor allem in Nordamerika; dieselben gehen jedoch meist nur dann auf Ansichtssendungen ein, wenn größere Ankäufe in Aussicht gestellt werden.

Zu warnen ist vor dem Erwerb von Mineralien in Badeorten, da die Preise dort meist viel zu hoch bemessen und auch die Angaben über Natur und Vorkommen der betreffenden Stücke oft mit Vorsicht aufzunehmen sind.

Ausrüstung für mineralogische Exkursionen.

Der Mineraliensammler bedarf, wie jeder Sammler, bei seinen Exkursionen einer kleinen Ausrüstung, denn nur selten bieten sich ihm die Fundstücke ohne weiteres in solcher Form, daß er sie nur aufzuheben und mitzunehmen braucht.

Vor allem ist ein Hammer von bestem Stahl nötig. Derselbe darf nur an den Enden gehärtet, andererseits aber auch nicht so spröde sein, daß beim Gebrauch Stücke ausspringen. Das eine Ende ist meist zu einer, (nicht zu schlanken), Schneide ausgeschmiedet, während das andere quadratische Form zeigt. Die Schneide kann in der Richtung des Stieles (Abb. 1) oder auch senkrecht dazu (Abb. 2) verlaufen; viele geben der letzteren Form den Vorzug.

Man kauft die Hämmer am besten bei Firmen, welche dieselben nach Vorschlägen bewährter Fachleute in zweckentsprechenden Formen anfertigen. Wenn möglich, wählen wir einen großen Hammer, zum

Abb. 1.

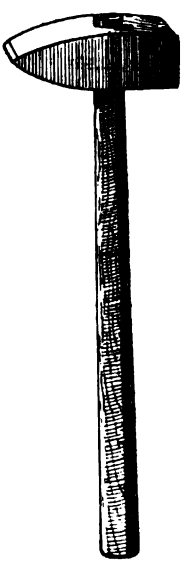


Abb. 2.

Zertrümmern großer Blöcke, und einen kleineren, handlichen, zum Zurechtschlagen der gesammelten Stücke.

Daß der Stiel aus zähem Holze gefertigt und die Befestigung desselben im Hammer eine durchaus dauerhafte sein muß, ist eigentlich selbstverständlich.

Recht zweckmäßig, wenn auch nicht unbedingt nötig, sind sogenannte Hammertaschen aus Leder, die nach Art der Gürtel für Feuerwehrbeile um den Leib geschnallt werden und ein bequemes Tragen der Hämmer ermöglichen[1]).

Ferner brauchen wir einen (oder mehrere) Meißel, um festsitzende Mineralien von ihrer Unterlage loszusprengen. Auch diese Meißel dürfen, — aus bestem Stahl gefertigt —, nur am scharfen Ende gehärtet sein, damit beim Gebrauch Hammer und Meißel nicht ausspringen. Man findet im Handel spitz ausgeschmiedete und solche mit einer Schneide[2]).

Das Lossprengen von Krystalldrusen erfordert viel Übung und Vorsicht, (Beobachtung der Gesteinsstruktur, usw.), und oft mindert ein einziger ungeschickter Schlag den Wert des Stückes bedeutend herab. Bei seltenen Stücken wird man deshalb besonders vorsichtig zu Werke gehen; man schlägt wohl in solchen Fällen in geeigneter Entfernung vom Objekte rings um dasselbe Löcher, die man durch möglichst tiefe Rinnen miteinander verbindet. Ein kräftiger, auf den schräg eingesetzten Meißel geführter Schlag sprengt schließlich das Stück los. Es empfiehlt sich, vorher den Mantel oder ein Plaid vor der betreffenden Stelle auszubreiten, damit das Stück nicht etwa durch das Aufschlagen auf den harten Untergrund beschädigt wird, falls man nicht schnell genug zufassen kann.

---

1) Mineralogische Hämmer bezw. Taschen zu solchen liefern u. a.: Die Mineralienniederlage der Kgl. Sächs. Bergakademie in Freiberg (Hämmer mit Stiel: große à Stück 2 Mk., mittlere à Stück 1,80 Mk., kleine à Stück 1,50 Mk.; Hammertaschen aus Leder à Stück 2 Mk.); Dr. F. Krantz, Bonn a. Rh. (I. Steinhämmer aus Krupp'schem Gußstahl, mit Stiel: 140 gr schwer, 35 cm Stiellänge: à 1,60 Mk.; 180 gr schwer, 40 cm Stiellänge: à 1,80 Mk.; 560 gr schwer, 43 cm Stiellänge: à 2,25 Mk.; 890 gr schwer, 43 cm Stiellänge: à 3,10 Mk.; 2075 gr schwer, 55 cm Stiellänge: à 5,80 Mk.; II. Steinhämmer aus Böhler'schem Schmiedestahl, mit von oben eingezogenem Stiel: 140 gr schwer: 2,50 Mk.; 335 gr schwer: 3,50 Mk.; 635 gr schwer: 4,25 Mk.); Schmiedemeister L. Schaum, Kleinlinden bei Gießen a) Schneide senkrecht zum Stiel verlaufend: No. 1. 2 kg schwer: 7,50 Mk.; No. 10. 500 gr schwer: 3 Mk.; No. 11. 250 gr schwer: 2,50 Mk.; No. 12. 250 gr schwer: 2,50 Mk.; No. 13. 100 gr schwer: 2 Mk.; b) Schneide in der Stielrichtung verlaufend: No. 2. 1 kg schwer: 5 Mk.; No. 3. 700 gr schwer: 4 Mk.; No. 4. 550 gr schwer: 3,50 Mk.; No. 5. 250 gr schwer: 2,50 Mk.; No. 6. 250 gr schwer: 2,50 Mk.; No. 7. 100 gr schwer: 2 Mk.; für Haltbarkeit wird Garantie geleistet.

2) Meißel offerieren u. a.: Dr. F. Krantz, Bonn a. Rh. (I. aus Gußstahl von F. W. von Kürten: 140 gr schwer, 16 cm lang: 1,50 Mk.; 300 gr schwer, 24 cm lang: 2,40 Mk.; 500 gr schwer, 32 cm lang: 3,40 Mk.; der ganze Satz von 3 Stück: 6,60 Mk.; II. andere Form, Länge 20 cm: 135 gr schwer, à Stück 1,00 Mk.; 290 gr schwer, à Stück 1,20 Mk.; 450 gr schwer, à Stück 1,80 Mk.; der ganze Satz: 3,60 Mk.); Schmiedemeister L. Schaum, Kleinlinden bei Gießen (Meißel aus bestem Stahl, Schneide gut gehärtet, mit Spitze oder Schneide, das Dutzend: 3,50 Mk.). —

Zum Schutze der Augen gegen umherfliegende Gesteinssplitter kann man eine Schutzbrille aus Glimmer oder Drahtgaze mitnehmen.

Ein weiteres wichtiges Stück unserer Ausrüstung bildet eine Tasche oder etwas Ähnliches zum bequemen Transportieren der gewonnenen Mineralschätze. Die einen wählen einen Tornister oder Rucksack, während andere eine Umhängetasche vorziehen. Jedenfalls müssen die Mineralien darin möglichst festgepackt werden, damit sie beim Tragen nicht durcheinandergeraten und sich gegenseitig bestoßen können. Aus diesem Grunde ist eine Umhängetasche oder ein Tornister vielleicht praktischer als ein Rucksack. Auch eine Botanisiertrommel kann im Notfalle Verwendung finden. Sehr zweckmäßig, namentlich wenn man viel sammelt, sind Tragnetze, in der Form von Geldbörsen aus feinem Bindfaden geknüpft. Man hängt dieselben beim Gebrauch über die Schulter und ist, bei gleichmäßiger Verteilung der gesammelten Stücke in den beiden Hälften des Netzes, imstande, auch verhältnismäßig schwere Lasten ohne zu große Anstrengung zu tragen, ein Vorteil, der namentlich den Umhängetaschen gegenüber ins Gewicht fällt[1]).

Für alle Fälle versehe man sich ferner reichlich mit Packmaterial. Man mache es sich zur Regel, jedes gesammelte Stück unter Beifügung eines Zettels mit genauer Fundortangabe sofort in festes Zeitungspapier zu wickeln, um ein gegenseitiges Bestoßen und Verkratzen der Mineralien zu verhindern, denn beschädigte Stücke machen immer einen unordentlichen Eindruck.

Für zerbrechliche Gebilde genügt diese Vorsichtsmaßregel oft noch nicht; diese sind zunächst mit Seidenpapier, dann reichlich mit Watte, Heu oder feiner Holzwolle und schließlich Zeitungspapier zu umwickeln; die zartesten Gebilde wird man überdies noch in besonderen, zu diesem Zweck mitgenommenen Kästchen oder Schachteln unterbringen, ehe man sie zu dem übrigen legt.

Sofern man eines der oben erwähnten Tragnetze besitzt, ist die Benutzung eines Rucksackes bei den Exkursionen sehr zweckmäßig, denn in ihm kann man bei der Ausfahrt bequem den großen Hammer, das Netz und reichliches Packmaterial unterbringen.

Auch einen Bleistift vergesse man nicht; ebensowenig kleine Zettel für die sofortigen Fundnotizen.

Sehr zu raten ist zum Ankauf einer guten Lupe, die allerdings nicht billig ist. Für unsere Zwecke sind die gewöhnlichen ein- oder zweilinsigen Einschlaglupen mit Hornschalen wenig geeignet. Am besten wählt man eine sogenannte aplanatische Exkursionslupe nach Steinheil, aus drei miteinander verkitteten Linsen bestehend, die ein großes, ebenes und

---

1) Derartige Tragnetze liefert Dr. F. Krantz, Bonn a. Rh. in folgenden Sorten: a) engmaschig, aus starkem Garn, für schwere Lasten, à Stück 5,50 Mk.; b) weitmaschig, gewöhnl. Exkursionsnetz, à Stück 2,50 Mk.; c) engmaschig, feinfädig, à Stück 2,50 Mk. —

farbenreines Bild liefert und als Einschlaglupe konstruiert ist, sodaß man sie bequem in der Westentasche tragen kann.

Man begnüge sich mit einer acht- bis zwölfmaligen Vergrößerung, weil die stärkeren Aplanate für den Gebrauch als Handlupen nicht zu empfehlen sind: (das Gesichtsfeld ist um so kleiner, je stärker die Vergrößerung, und die starken Vergrößerungen erfordern eine sehr genaue Einstellung, die nur bei Anwendung von Stativen mit Zahn und Trieb möglich ist[1]).

Reinigen und Bestimmen der Mineralien.

Zu Hause packen wir die auf den Exkursionen gesammelten Mineralschätze vorsichtig aus und achten dabei besonders darauf, daß die beigelegten Notizzettel mit den Fundortangaben nicht verwechselt werden oder gar verloren gehen.

Dann reinigt man ein Stück nach dem anderen von etwa anhängendem Schmutz, muß aber bei dieser Reinigung auf die Natur des betreffenden Minerals gebührende Rücksicht nehmen: wasserlösliche oder gegen Feuchtigkeit empfindliche Mineralien dürfen wir nur trocken abwischen oder mit einem feinen Pinsel abstauben; zerbrechliche Stücke werden wir durch Einlegen in Wasser und nachfolgendes Abspülen zu reinigen suchen; weniger empfindliche Mineralien vertragen eine Behandlung mit Wasser und Bürste.

Vor der Reinigung mit Säuren ist zu warnen, da die Anwendung derselben leicht unvorhergesehene und nicht wieder gutzumachende Schäden hervorrufen und charakteristische äußere Merkmale, (Überzüge, Anflüge, Anlauffarben, usw.), zum Verschwinden bringen kann.

Bei gänzlich unbekannten Mineralien schiebe man die endgültige Reinigung bis nach der Bestimmung auf, damit das Stück nicht etwa durch einen Fehlgriff in der Behandlung an Wert verliere.

Viele Mineralien wird der Fortgeschrittenere bei gründlicher Betrachtung ohne weiteres richtig benennen können und nur vorsichtshalber noch die eine oder andere Bestimmungsmethode zur endgültigen Feststellung der Natur des Minerals in Anwendung bringen.

Man erhält im Buchhandel zweckmäßig eingerichtete gedruckte Anleitungen zum Bestimmen von Mineralien, z. B. Fuchs-Brauns: Anleitung zum Bestimmen der Mineralien, 5. Aufl. Gießen 1907 (Preis: geb. 5 Mk.), A. Weisbach: Tabellen zur Bestimmung der Mineralien mittels äußerer Kennzeichen, 7. Aufl. Leipzig 1906 (Preis: geb. 4,20 Mk.), welche diese oft schwierige Arbeit nach Möglichkeit erleichtern.

---

1) Aplanatische Exkursionslupen nach Steinheil liefern u. a.: E. Leitz, Wetzlar (Vergrößerung 8, 10, 12, 16 oder 20, à 12 Mk.); C. A. Steinheil Söhne, München (Aplanatische Lupen in Fassung zum Einschlagen, Vergrößerung 5½fach: 18 Mk.; desgl. 8, 12, 16 oder 24fach, à 15 Mk.); Carl Zeiss, Jena: (Verbesserte aplanat. Lupen, als Einschlaglupe; Vergrößerung 6 oder 10 fach, à 21 Mk.).

Der Anfänger darf nun aber nicht etwa glauben, daß ihn der Erwerb eines solchen Buches ohne weiteres in den Stand setzt, jedes Mineral sofort erkennen zu können, wie man z. B. Vögel, Schmetterlinge und Pflanzen an der Hand guter Abbildungen oder Beschreibungen bestimmen kann. Er lasse sich aber durch anfängliche Mißerfolge nicht entmutigen, denn bei unverdrossen fortgesetzten Bestimmungsversuchen wird er es doch schließlich bis zu einer gewissen Fertigkeit bringen, wenn er auch nicht alles selber bestimmen kann.

An vielen mineralogischen Instituten werden Übungen im Bestimmen von Mineralien abgehalten, und wer Gelegenheit hat, an einem solchen Kursus teilzunehmen, wird, — ernstes Streben vorausgesetzt —, unstreitig am bequemsten und schnellsten eine gewisse Übung im Bestimmen der Mineralien erlangen.

Bei denselben bekommt jeder Teilnehmer eine Reihe unbezeichneter, dem Leiter der Übungen genau bekannter Stücke verschiedenster Art vorgelegt und außerdem die wenigen, zum Bestimmen unumgänglich notwendigen Hilfsmittel. An der Hand einer der oben erwähnten gedruckten Anleitungen sucht er die charakteristischen Eigenschaften der einzelnen Mineralien festzustellen und scheidet dabei immer eine Gruppe um die andere, als im gerade vorliegenden Falle nicht in Betracht kommend, aus, bis einige wenige Möglichkeiten übrig bleiben, deren Zahl durch weitere Bestimmungsstücke schließlich auf eine einzige zusammenschrumpft. Das Resultat wird dem Leiter der Übungen mitgeteilt und, wenn nötig, von ihm richtig gestellt.

Aber auch derjenige, welcher nie in die glückliche Lage kommt, einen solchen Kursus durchmachen zu können, wird das Bestimmen erlernen, wenn er ähnlich verfährt. Als Übungsbeispiele sind von anderer Seite sicher bestimmte Mineralien zu wählen. Man vergleicht die an denselben beobachteten Eigenschaften mit den in der Bestimmungstabelle für das betreffende Mineral angegebenen. (Wer die Mittel aufwenden kann, wird sich eine sogenannte Kennzeichensammlung anschaffen, wie solche von renommierten Handlungen in verschiedenem Umfang zweckmäßig zusammengestellt werden. Er findet in derselben charakteristische Vertreter für die verschiedenen physikalischen Eigenschaften der Mineralien und kann sich über vieles, was auch die beste Beschreibung oder Abbildung nur unvollkommen wiederzugeben vermag, immer und immer wieder unterrichten.)

Einige Bestimmungsstücke gewinnen wir ohne alle Hilfsmittel lediglich durch genaues Betrachten der Mineralien: Farbe, Glanz, Grad der Durchsichtigkeit, Farbenschiller; unter Umständen auch noch Spaltbarkeit, Krystallform, Geschmack, Geruch, Gefühl, Struktur, Bruch und Doppelbrechung; zur Feststellung einiger anderer Bestimmungsstücke bedürfen wir einfacher Werkzeuge und Apparate, so bei: Härte, Tenacität, Strich, specifischem Gewicht, Schmelzbarkeit, Pleochroismus, Magnetismus, Elektrizität, usw.

Wir werden in späteren Abschnitten diese Bestimmungsstücke im einzelnen etwas näher betrachten und dabei auch die zur Feststellung derselben etwa nötigen Hilfsmittel kennen lernen.

Zunächst wollen wir uns jedoch mit den Krystallformen etwas eingehender beschäftigen, da wir in dem später Folgenden oft auf sie Bezug nehmen müssen und weil ja auch beim Bestimmen der Mineralien die richtige Deutung etwa vorkommender Krystallformen von großer Wichtigkeit ist.

Die Krystallographie wird freilich von vielen als der schwierigste Zweig der Mineralogie ängstlich gemieden; oft mit Unrecht; denn wer, mit den Grundbegriffen der Geometrie vertraut, einigermaßen über räumliches Vorstellungsvermögen verfügt, wird bei etwas Ausdauer und gutem Willen auch hier zum Ziele kommen.

Morphologie.

Der Begriff »Krystall«.

Betrachten wir die Schätze einer Mineraliensammlung etwas eingehender, so werden wir an einer großen Anzahl der Stücke mehr oder minder ebene Flächen beobachten, zum Teil so schön glatt und glänzend, daß der Laie glaubt, sie seien künstlich, etwa durch Anschleifen, hervorgebracht; wir sehen ferner, daß die einen bestimmten Teil umschließenden Flächen in ihrer Gesamtheit dem Ganzen ein für das betreffende Mineral mehr oder weniger charakteristisches Äußere verleihen; ein solches von ebenen Flächen umgrenztes Stück des Minerals nennt man einen Krystall. Vergleichen wir die Krystalle desselben Minerals von den verschiedensten Fundorten, so finden wir, daß sie mehr oder minder das gleiche Gepräge zeigen.

Der leblosen Substanz wohnt also die Fähigkeit inne, ihre kleinsten Teilchen in bestimmter, gesetzmäßiger Weise zu einem Krystall zu gruppieren. Dieses Krystallisationsvermögen steht in einem bestimmten, uns heute noch unbekannten Zusammenhange mit der chemischen Zusammensetzung des betreffenden Körpers. Das Resultat dieser geheimnisvollen inneren Kräfte liegt als Krystall vor uns.

Wir können den Begriff »Krystall« etwa folgendermaßen definieren:

Ein Krystall ist ein von (mehr oder weniger) ebenen Flächen begrenzter Naturkörper, dessen äußere Form mit den physikalischen Eigenschaften und seiner chemischen Zusammensetzung in bestimmtem, gesetzmäßigem Zusammenhange steht[1]).

Auch eine große Anzahl der künstlich dargestellten chemischen Elemente und Verbindungen können wir in Form von Krystallen erhalten; wir brauchen z. B. nur eine heißgesättigte Lösung der betreffenden Substanz, (z. B. von Kochsalz, Zucker oder Alaun), oder einen Schmelzfluß, (z. B. Schwefel oder Wismut), langsamer Abkühlung zu überlassen, oder schließlich, falls der betreffende Stoff bei höherer Temperatur unzersetzt flüchtig ist, die heißen Dämpfe desselben sich an kalten Gegenständen niederschlagen lassen, (z. B. Salmiak oder Jod).

---

1) Vorstehende Definition hat nur für die (hier allein in Betracht kommenden) natürlichen Krystalle der Mineralien Geltung, da es in neuester Zeit gelungen ist, gewisse Stoffe in Form »flüssiger Krystalle« zu erhalten.

Wenn man eine genügende Menge Kalialaun in heißem Wasser auflöst und die warme Lösung recht langsam erkalten läßt, so scheiden sich in der Flüssigkeit prächtige, farblose Kryställchen ab, die im Verlauf mehrerer Stunden noch an Größe zunehmen. Wir beobachten an ihnen meist je acht Flächen und können sie deshalb »Achtflächner«, Oktaëder, nennen.

Sind diese Oktaëder klein, so werden sie fast immer von ganz regelmäßigem Bau sein: die sie begrenzenden acht Dreiecksflächen haben gleichlange Seiten, es sind also gleichseitige Dreiecke; alle Kanten des Achtflächners sind folglich unter sich gleich.

Wir können nun diese kleinen, regelmäßigen Oktaëder weiterwachsen lassen, indem wir sie in eine neue, in der Wärme gesättigte Alaunlösung verbringen. Einige Kryställchen hängen wir dabei an feinen Fäden so auf, daß sie mitten in der Flüssigkeit schweben, andere legen wir auf den Boden des Krystallisiergefäßes.

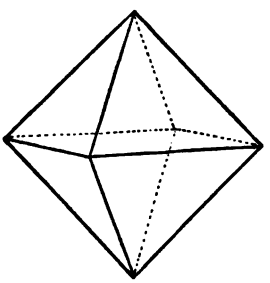


Abb. 3.

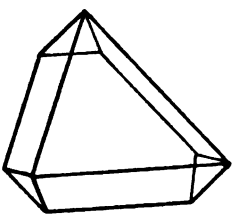


Abb. 4.

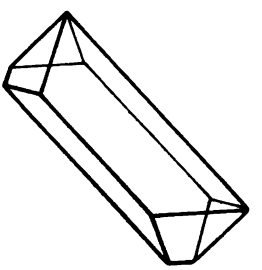


Abb. 5.

Wenn wir die Krystalle nach Verlauf eines Tages wieder miteinander vergleichen, werden wir finden, daß sie nunmehr in ihrer Form voneinander abweichen: die freischwebenden Krystalle sind in gleichem Maße nach allen Seiten weitergewachsen, sie sind regelmäßige Oktaëder geblieben (Abb. 3); die am Boden liegenden zeigen dagegen mehr oder weniger verzerrte Formen; ihre Flächen haben sehr verschiedene Größe und Gestalt (Abb. 4 und 5).

Und doch sind diese verzerrten Krystalle ebensogut Oktaëder, wie die ganz regelmäßig ausgebildeten. Bei einiger Aufmerksamkeit finden wir auch an den natürlichen Krystallen der Mineralien solche Unregelmäßigkeiten in der Ausbildung; ja wir beobachten, daß die ganz regelmäßig gebauten Krystalle zu den Seltenheiten gehören.

Nur die gegenseitige Lage der Flächen zueinander ist bei den regelmäßigen, wie bei den verzerrten Krystallen dieselbe geblieben; nur diese, nicht die Form der Flächen, ist das für eine bestimmte Krystallform einzig und allein Charakteristische.

Diese gegenseitige Lage je zweier Flächen zu einander können wir zweckmäßig durch den Winkel ausdrücken, welchen die beiden sich schneidenden Flächenebenen einschließen, eine Tatsache, welche der Däne Steno bereits

im Jahre 1669 fruchtbringend auf die Betrachtung der Krystallformen anwendete. Er stellte das wichtige Gesetz von der Beständigkeit der Kantenwinkel jeder Krystallform fest.

Also einzig und allein die Kantenwinkel sind das Charakteristische und sich immer gleich Bleibende an einer Krystallform; das muß man sich immer und immer wieder vergegenwärtigen, wenn man einen natürlichen Krystall mit den Abbildungen und Beschreibungen in einer Krystallographie oder einem Krystallmodell vergleicht.

Wie bei den künstlichen Alaunkrystallen, so haben auch bei der Bildung der natürlichen Krystalle äußere Verhältnisse die mehr oder weniger regelmäßige Gestaltung bedingt.

Allseitig regelmäßig ausgebildeten Krystallen werden wir überall dort begegnen, wo sich dieselben schwebend bilden konnten, z. B. beim Schnee, in den Schmelzflüssen der Eruptivgesteine, (Augit, Orthoklas, Hornblende, Leucit, Diamant, usw.), [eingewachsene Krystalle]; verzerrte Krystallformen lassen auf ein- oder mehrseitig gehindertes Wachstum schließen, [aufgewachsene Krystalle].

Eines der häufigsten Mineralien, der Quarz, veranschaulicht in ganz ausgezeichneter Weise die verschiedensten Möglichkeiten der Ausbildung.

Die Beschaffenheit der Krystallflächen ist bei den verschiedenen Mineralien außerordentlich wechselnd: manche zeigen spiegelnde, vollkommen ebene Flächen, und diese werden dem Krystallographen besonders willkommen sein; andere sind matt, rauh, gestreift, drusig, genarbt, zerfressen, usw.

Im allgemeinen wird man die Beobachtung machen, daß die Flächen kleiner Kryställchen bedeutend vollkommener sind, als solche an großen Krystallen.

Krystallmessung.

Die Vergleichung der Winkel nach Augenmaß ist in den meisten Fällen doch zu wenig genau, und man hat infolgedessen besondere Instrumente: Winkelmesser, »Goniometer«, konstruiert, welche zur Messung der Krystallwinkel verwendet werden. Man unterscheidet Anlege- oder Kontaktgoniometer und Reflexionsgoniometer; die ersteren sind die älteren und einfacheren.

Ein solches Anlegegoniometer, (Abb. 6), (zuerst vom Franzosen Carangeot, Gehilfen des Mineralogen Romé de l'Isle, 1780 angefertigt), besteht aus zwei durch eine Drehungsachse scherenartig miteinander verbundenen, geraden Metallschienen (ll, $l'l'$) und einer Kreisteilung, (r) (Voll- oder Halbkreis), welche die Ablesung des von den Metallschienen gebildeten Winkels gestattet.

Man setzt die Vorrichtung mit dem Scheitelpunkt ihrer kürzeren Schenkel (s, s') auf die Kante des zu messenden Winkels auf und dreht die beiden Schienen (l, l') solange gegeneinander, bis deren Schenkel überall an den

beiden Krystallflächen anliegen, welche den betreffenden Winkel miteinander einschließen; (zweckmäßig hält man dabei das Ganze gegen das Licht).

Die Lineale müssen möglichst genau senkrecht zur Kante aufgesetzt werden, denn jede Abweichung von dieser Lage bedingt einen unrichtigen Winkelwert.

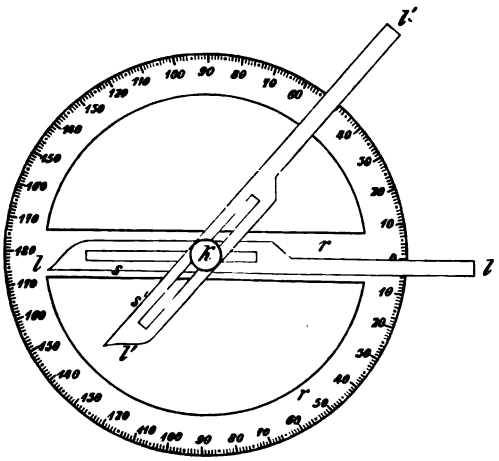


Abb. 6.

Die verlängerte Drehungsachse (k) der Vorrichtung paßt in eine centrale Bohrung der Kreisteilung. Man dreht nun die durch eine Schraube gegeneinander feststellbaren Lineale, ohne deren gegenseitige Lage zu verändern, bis der eine der beiden längeren Schenkel auf dem Nullpunkt der Kreisteilung steht; die Stellung des anderen Schenkels ergibt dann ohne weiteres den gesuchten Winkelwert.

Das Instrument läßt sich nur bei größeren Krystallen verwenden und liefert natürlich keine sehr genauen Resultate.

Abb. 7.

Wo es auf größte Genauigkeit ankommt, benutzt man ein Reflexionsgoniometer, (zum ersten Male 1809 von Wollaston angegeben). Wie schon der Name besagt, beruht es auf der Zurückwerfung (Reflexion) des Lichtes; seine Anwendung setzt infolgedessen das Vorhandensein spiegelnder Flächen voraus.

Ein solches Reflexionsgoniometer besteht aus einer kreisförmigen, am Rande mit einer genauen Gradeinteilung versehenen Metallscheibe, (K), welche sich um eine bei den kleineren Instrumenten (Abb. 7) horizontale, bei den größeren vertikale Achse drehen läßt. Ein feststehender Zeiger mit Vorrichtung zur genauen Ablesung (Nonius [N], Lupe [l]), gestattet die jeweilige Stellung der drehbaren Metallscheibe, des Teilkreises (K), genau zu bestimmen. Die Scheibe trägt in ihrem Centrum eine Einrichtung,

welche es ermöglicht, den mit Wachs aufgekitteten zu messenden Krystall einmal allseitig so zu neigen, daß die Kante des zu messenden Winkels genau parallel zur Drehungsachse des Teilkreises steht (sogenannte Justierung, bei den neueren Instrumenten durch zwei rechtwinklig zueinander bewegliche, bogenförmig geführte Schlitten zu bewirken [x, x']), und dann auch noch die Krystallkante genau in die Verlängerung der Drehungsachse zu bringen (sogenannte Centrierung, ebenfalls durch zwei rechtwinklig zueinander geführte ebene Schlitten erreichbar [y]).

Man dreht nun das Ganze im Dunklen solange, bis die eine der den zu messenden Winkel einschließenden Krystallflächen das Spiegelbild einer möglichst weit entfernten Lichtquelle in das kleine, unverrückbar aufgestellte Beobachtungsfernrohr (o) reflektiert, das auf den Krystall gerichtet ist, liest am Teilkreise die Stellung desselben in Graden und Minuten ab, — z. B. 284 Grad 47 Minuten (284° 47′) —, und dreht weiter, bis das von der zweiten Fläche reflektierte Spiegelbild der Lichtquelle im Fernrohr erscheint. Diese zweite Fläche muß sich jetzt in genau derselben Stellung befinden wie vorher die erste. Man liest wiederum den Winkelwert am Teilkreise ab und erhält durch Subtraktion des kleineren Wertes vom größeren den Winkel, um welchen man den Krystall drehen mußte, um der zweiten Fläche die Stellung der ersten zu geben. Bei einer weiteren vollen Umdrehung um 360° kann man im Fernrohr oft noch die Spiegelbilder anderer Flächen beobachten. Alle diese Flächen müssen sich in untereinander parallelen Kanten schneiden; man nennt eine derartige Gruppe zusammengehöriger Flächen: eine Zone.

Die mit dem Anlege- und Reflexionsgoniometer erhaltenen Winkelwerte sind miteinander nicht direkt vergleichbar. Mit dem Anlegegoniometer erhält man die Winkel, welche von den Flächen des Krystalls tatsächlich eingeschlossen werden, also die Kantenwinkel; beim Reflexionsgoniometer messen wir dagegen die Winkel, welche von den Senkrechten oder Loten (Normalen) gebildet werden, die wir vom Mittelpunkt des Krystalls auf die Flächen desselben fällen können: sogenannte Normalenwinkel. Wir bekommen also, wenn wir einen Krystallwinkel einmal mit dem Anlege-, das andere Mal mit dem Reflexionsgoniometer messen, verschiedene Werte. Diese beiden Winkelwerte stehen zueinander in einer gewissen, einfachen Beziehung: Sie ergänzen sich zu zwei rechten Winkeln oder 180°; haben wir also z. B. mit dem Reflexionsgoniometer einen Normalenwinkel von 82° 15′ gefunden, so beträgt der von den Flächen wirklich gebildete Kantenwinkel 180° — 82° 15′ = 97° 45′ und umgekehrt.

Man hat diesen Umstand bei der Benutzung von Literaturangaben wohl zu berücksichtigen; denn während früher immer die Kantenwinkel angegeben wurden, findet man heute sehr oft den Normalenwinkel.

Der Privatsammler wird sich wohl nur selten ein Goniometer anschaffen, da namentlich die größeren Reflexionsgoniometer viele hundert Mark kosten;

wer Messungen anzustellen wünscht und es haben kann, wird sich mit einem Anlegegoniometer und einem kleinen Reflexionsgoniometer begnügen[1]).

Die Symmetrieverhältnisse der Krystallformen.

Ehe wir uns der Betrachtung der einzelnen Krystallformen zuwenden, wollen wir uns mit den zum leichteren Verständnis derselben wesentlich beitragenden Symmetrieverhältnissen etwas näher beschäftigen.

Wir nennen irgend eine Flächenfigur oder einen Körper »symmetrisch«, wenn wir ihn durch einen mitten hindurchgeführten Schnitt in zwei Hälften zerlegen können, deren eine das Spiegelbild der anderen darstellt.

Die Schnittfläche können wir auch »Symmetrieebene« nennen, weil nach derselben Symmetrie vorhanden ist.

Versuchen wir die verschiedenen Krystallformen durch solche Schnitte in symmetrische Hälften zu zerlegen, so werden wir finden, daß die Anzahl der Möglichkeiten nicht überall die gleiche ist; manche zeigen in ihrem Bau einen sehr hohen Grad von Symmetrie, andere wieder einen geringeren.

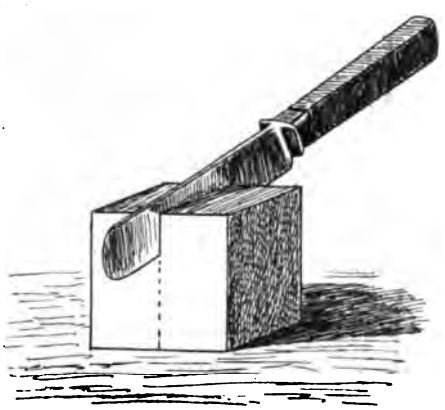


Abb. 8.

An der Hand von einfachen, selbst hergestellten Modellen können wir uns diese Verhältnisse am besten veranschaulichen.

Wir schneiden uns aus einem möglichst gleichförmigen, weichen Körper, z. B. einer recht großen Kartoffel, einen Würfel, dessen Flächen bekanntlich von gleich großen Quadraten gebildet werden.

Durch einen sicher geführten Schnitt teilen wir den Würfel in zwei Hälften, und zwar zunächst so, daß die Schnittfläche zwei gegenüberliegenden Würfelflächen parallel läuft (Abb. 8).

Wenn wir die eine oder andere der so erhaltenen Würfelhälften mit der Schnittfläche auf einen Spiegel legen, so wird das Spiegelbild der

---

1) Anlegegoniometer liefern u. a. R. Fuess, Steglitz bei Berlin (Anlegegoniometer mit abnehmbaren Stahlschenkeln: 24 Mk.; desgl. mit festen Stahlschenkeln: 30 Mk.); Dr. F. Krantz, Bonn a Rh. (Anlegegoniometer, in ganze Grade geteilt, mit Stahlschenkeln, in Etui: 18 Mk.; desgl. mit festen Stahlschenkeln, in Etui: 35 Mk.; desgl. größer, Halbkreis von 12 cm Durchmesser, in Etui: 55 Mk.).

Sehr brauchbare, für Privatsammler weitaus genügende, kleine Reflexionsgoniometer, (Abb. 7.), mit vertikalem Kreise, Fernrohr mit Vorschlaglupe, Justier- und Centriervorrichtung, Feineinstellung, Nonius und Lupe fertigt nach Angaben von Prof. P. von Groth: A. Linhof, München, Goethestraße 36, zum Preise von 150 Mk.; (ein solches mit horizontalem Kreise und Collimator kostet 250 Mk.); größere Goniometer liefert vor allem R. Fuess, Steglitz bei Berlin.

Würfelhälfte diese scheinbar zum vollständigen Würfel ergänzen; es macht den Eindruck als ob der Würfel durch den Spiegel hindurchgewachsen wäre (Abbildung 9).

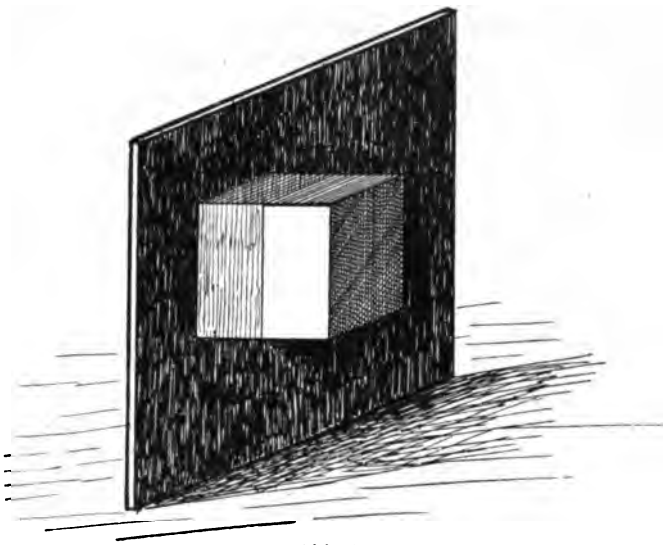


Abb. 9.

Da wir an jedem Würfel drei einander rechtwinklig schneidende Flächenpaare unterscheiden können, so sagt uns eine einfache Überlegung, daß uns drei Möglichkeiten offenstehen, den Würfel in der geschilderten Weise in symmetrische Hälften zu zerlegen (Abb. 10, 11 und 12).

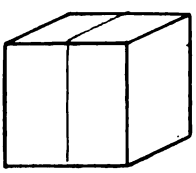


Abb. 10.

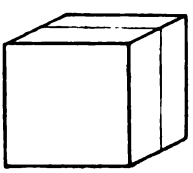


Abb. 11.

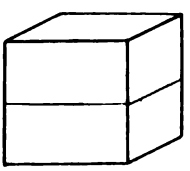


Abb. 12.

Wir können unseren Würfel aber auch noch in anderen Richtungen als diesen drei symmetrisch teilen, nämlich durch einen, diagonal über zwei gegenüberliegende Würfelflächen und den durch diese Diagonalen verbundenen Kanten entlang geführten

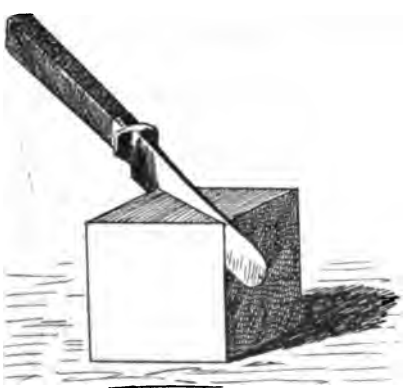


Abb. 13.

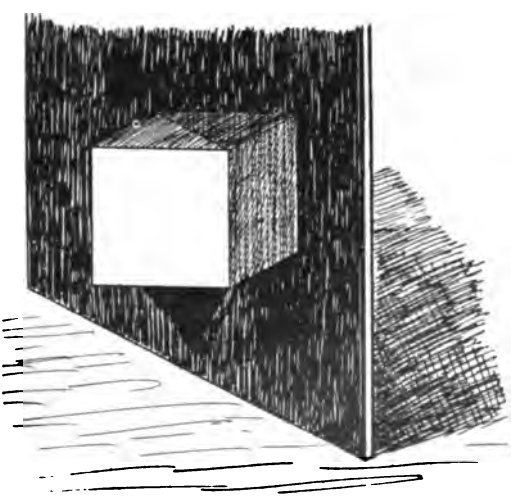


Abb. 14.

Schnitt (Abb. 13). Auch in diesem Falle ergänzt das Spiegelbild jeder Hälfte diese zum vollständigen Würfel, wovon wir uns, durch Anlegen jeder Hälfte (mit der Schnittfläche) an den Spiegel, leicht überzeugen können (Abb. 14).

Je zwei gegenüberliegende Würfelflächen besitzen zwei in gleicher Richtung verlaufende Diagonalen. Die Gesamtzahl der drei Flächenpaare ergibt also sechs verschiedene Möglichkeiten einer derartigen symmetrischen Teilung (Abb. 15—20).

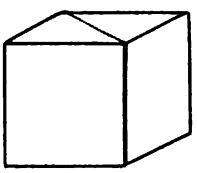


Abb. 15.

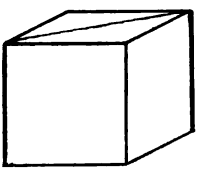


Abb. 16.

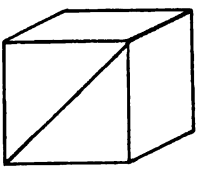


Abb. 17.

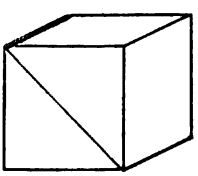


Abb. 18.

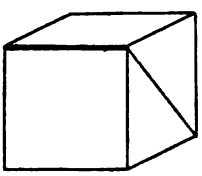


Abb. 19.

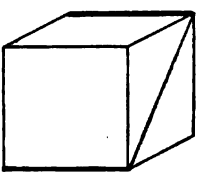


Abb. 20.

Damit sind die möglichen Fälle erschöpft; es wird uns nicht gelingen, außer den aufgeführten neue Möglichkeiten weiterer symmetrischer Teilungen des Würfels aufzufinden.

Diese neun Symmetrieebenen zerfallen, wie schon aus vorstehender Ableitung derselben hervorgeht, in zwei Klassen, von denen die erste drei, die zweite sechs prinzipiell gleiche Fälle umfaßt.

Wir wollen die ersten drei »Hauptsymmetrieebenen« nennen, weil jede derselben, wie wir später sehen werden, mit der Richtung von zwei krystallographischen Achsen zusammenfällt. Die übrigen sechs, welche nur mit je einer krystallographischen Achse zusammenfallen, bezeichnen wir als »Nebensymmetrieebenen«.

Wir würden bezüglich der Anzahl und Lage der Symmetrieebenen zu genau denselben Resultaten gelangt sein, wenn wir einen anderen Vollflächner des regulären Systems: einen regelmäßigen Acht-, Zwölf-, Vierundzwanzig- oder Achtundvierzigflächner, zum Gegenstand unserer Betrachtungen gewählt hätten; der Würfel oder Sechsflächner empfiehlt sich nur wegen seiner Einfachheit.

Ferner schneiden wir uns eine regelmäßige sechsseitige Säule zurecht, d. h. einen Körper, der von drei untereinander gleichen, von Rechtecken gebildeten, parallelen Flächenpaaren und zwei senkrecht zu diesen verlaufenden, einander parallelen, regelmäßigen Sechsecken begrenzt wird.

Auch eine solche regelmäßige sechsseitige Säule läßt sich in verschiedener Weise symmetrisch halbieren.

Wir können sie zunächst durch einen parallel zu den beiden sechseckigen Endflächen geführten Schnitt in zwei spiegelbildlich symmetrische Hälften zerlegen (Abb. 21).

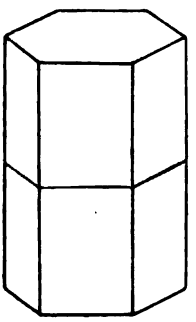


Abb. 21.

Sodann stehen uns drei weitere Möglichkeiten symmetrischer Zweiteilung offen, wenn wir den Schnitt quer über die sechsseitigen Endflächen und zwei diametral gegenüberliegenden Prismenkanten entlang führen (Abb. 22—24).

Schließlich finden wir noch drei Symmetrieebenen, welche, wie die drei vorhergehenden, senkrecht verlaufen, dabei aber je zwei gegenüberliegende Prismenflächen genau in der Mitte zwischen den Prismenkanten halbieren (Abb. 25—27). Wir können, analog der Bezeichnungsweise bei den Symmetrieebenen des Würfels (bzw. des regulären Systems), die erste,

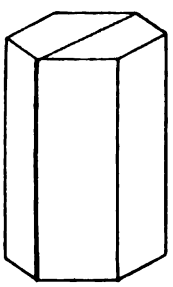


Abb. 22.

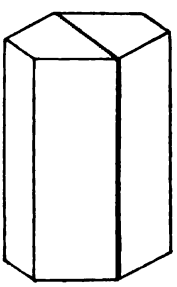


Abb. 23.

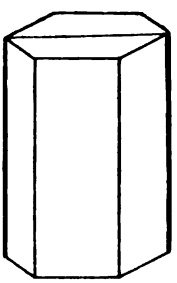


Abb. 24.

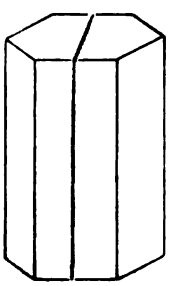


Abb. 25.

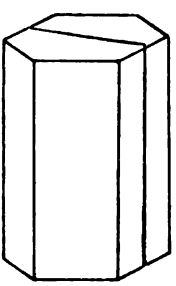


Abb. 26.

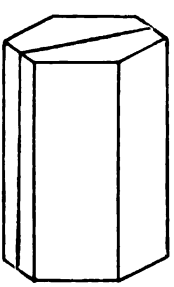


Abb. 27.

eine bevorzugte Sonderstellung einnehmende: »Hauptsymmetrieebene«, die folgenden drei: »Nebensymmetrieebenen« und die letzten drei endlich, weil sie von jenen verschieden sind und gewissermaßen dazwischen liegen: »Zwischensymmetrieebenen« nennen.

Mit diesen sieben Symmetrieebenen sind sämtliche möglichen Fälle erschöpft; unsere regelmäßige sechsseitige Säule zeigt also einen geringeren

Grad von Symmetrie als der Würfel, an welchem wir ja neun Symmetrieebenen feststellen konnten.

Wir schneiden uns nunmehr eine quadratische Säule zurecht, d. h. einen Sechsflächner, der sich vom Würfel dadurch unterscheidet, daß nur zwei (gegenüberliegende) Flächen von Quadraten, die übrigen vier von unter sich gleichen Rechtecken gebildet werden.

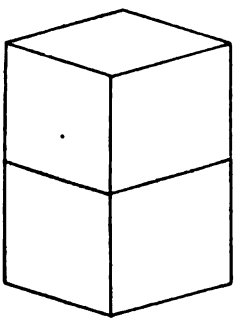


Abb. 28.

Auch hier können wir unschwer eine Symmetrieebene finden, welche den übrigen gegenüber eine bevorzugte Stellung einnimmt; wir brauchen unsere quadratische Säule nur durch einen parallel zu den beiden Endflächen geführten Schnitt zu halbieren (Abb. 28); das ist wieder die »Hauptsymmetrieebene«.

In gleicher Weise wie bei der sechsseitigen Säule ergeben sich auch hier weitere Symmetrieebenen, wenn wir diagonal über die quadratischen Endflächen den querliegenden Prismenkanten entlang schneiden; nur können wir hier nicht drei, sondern nur zwei solcher »Nebensymmetrieebenen« zählen (Abb. 29 und 30).

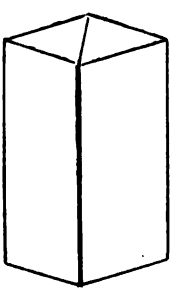


Abb. 29.

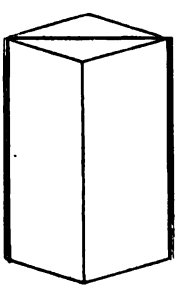


Abb. 30.

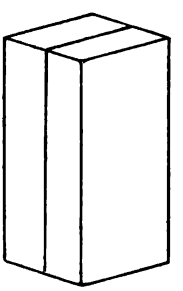


Abb. 31.

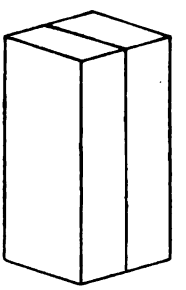


Abb. 32.

Endlich finden wir noch zwei Ebenen, welche ebenfalls senkrecht, und den Prismenkanten parallel, verlaufend, die gegenüberliegenden Prismenflächen genau halbieren, also den »Zwischensymmetrieebenen« der sechsseitigen Säule entsprechen (Abb. 31 und 32).

Außer diesen fünf besitzt unsere quadratische Säule keine weiteren Symmetrieebenen.

Als viertes Beispiel wollen wir eine rhombische Säule in den Kreis unserer Betrachtungen ziehen. Bei einer solchen rhombischen Säule unterscheiden sich nur die Endflächen von denen der quadratischen Säule, während diese Quadrate sind, werden jene von rautenförmigen regelmäßigen Vierecken, »Rhomben«, gebildet; die übrigen vier Flächen sind, hier wie dort, gleichgroße Rechtecke. Die rhombische Form der Endflächen bringt es mit sich, daß zweierlei Prismenkanten auftreten; während an jeder quadratischen Säule die Prismenflächen einander im Winkel von 90° schneiden, also alle vier Prismenwinkel untereinander gleich sind, beobachtet

man an der rhombischen Säule nur bei je zwei gegenüberliegenden Prismenwinkeln Gleichheit; die benachbarten weichen voneinander ab; das eine Winkelpaar zeigt stumpfere, das andere spitzere Formen als 90° (Abb. 33).

Die Anzahl der möglichen Symmetrieebenen schrumpft hier noch mehr zusammen: denn wir können eine rhombische Säule symmetrisch halbieren: einmal durch einen horizontal, parallel den rhombischen Endflächen geführten Schnitt (Abb. 34), dann durch eine Ebene, welche diagonal, quer über die rhombischen Endflächen in der Weise gezogen wird, daß sie die scharfen Prismenkanten miteinander verbindet (Abb. 35) und schließlich durch einen ähnlichen Diagonalschnitt, der den einander gegenüberliegenden stumpfen Prismenkanten entlang geführt wird (Abb. 36).

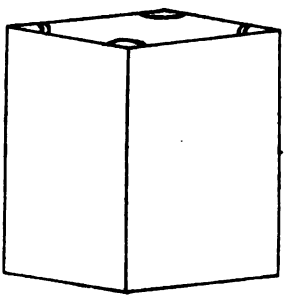


Abb. 33.

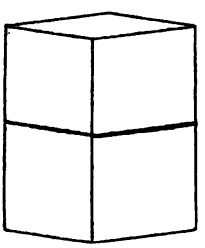


Abb. 34.

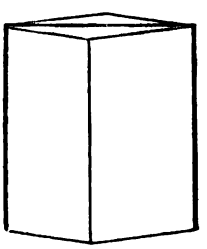


Abb. 35.

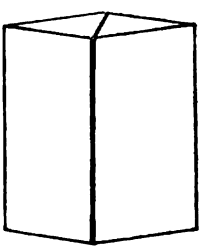


Abb. 36.

Noch einfacher gestalten sich die Symmetrieverhältnisse bei einem Vollflächner des monoklinen Systems z. B. einer monoklinen Säule.

Dieselbe wird ebenso wie eine rhombische Säule von zwei Rhombenflächen und vier Rechtecken begrenzt, aber letztere sind nicht mehr alle untereinander gleich, sondern nur allemal zwei gegenüberliegende Flächen besitzen gleiche Form und Größe.

Man stellt das Ganze so auf, daß die rhombischen Flächen nicht oben und unten, sondern rechts und links liegen. Hier gelingt es uns, nur eine einzige Symmetrieebene ausfindig zu machen; wir müssen den Schnitt parallel zu den rhombischen Seitenflächen mitten hindurch führen (Abb. 37).

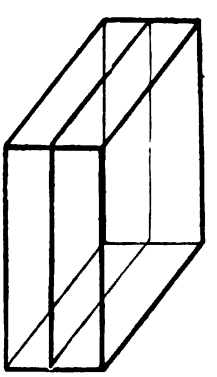


Abb. 37.

Wegen des Vorhandenseins dieser einen Symmetrieebene nennt man die hierher gehörigen Formen wohl auch »monosymmetrische«.

Schließlich werden wir noch einer Reihe von Krystallformen begegnen, an denen wir keine Symmetrieebene finden können, man pflegt diese Formen unsymmetrische, asymmetrische oder trikline zu nennen.

Man kann bei genauer Betrachtung der einzelnen Krystallformen die Wahrnehmung machen, daß auch innerhalb der einzelnen Krystallsysteme nicht allen Formen derselbe Grad von Symmetrie eigen ist, daß nur die sogenannten Vollflächner, »Holoëder«, jedes Systems die höchst mögliche Symmetrie aufweisen, während alle sogenannten Teilflächner in ihrem Bau einen geringeren Grad von Symmetrie zeigen.

Ein außerordentlich bequemes und wichtiges, erst in neuerer Zeit richtig gewürdigtes Hilfsmittel zur Erkennung der mehr oder weniger vollkommenen Symmetrie der Krystalle bilden die sogenannten »Ätzfiguren«, deren Natur namentlich von H. Baumhauer erforscht wurde.

Es sind dies winzige, oft mikroskopisch kleine regelmäßige Vertiefungen, welche man bei kurzdauernder Einwirkung eines geeigneten Lösungsmittels auf die Flächen eines Krystalls erhält; je nach der dem betreffenden Mineral eigenen höheren oder geringeren Symmetrie zeigen diese Ätzfiguren eine mehr oder weniger symmetrische Form.

Betreffs der Einzelheiten dieser interessanten Verhältnisse muß auf die größeren Lehrbücher der Mineralogie und Krystallographie verwiesen werden.

Die Symmetrieverhältnisse lassen sich sehr wohl zu einer Einordnung aller möglichen Krystallformen in bestimmte Symmetrieklassen, die eine Art natürliches System bilden, verwenden.

Von diesem Gesichtspunkte aus stellte J. F. Chr. Hessel in Marburg bereits im Jahre 1830 eine Übersicht aller 32, überhaupt möglichen Symmetrieklassen der Krystalle zusammen, eine Arbeit, die wie so manches Bahnbrechende, Neue, — es sei bloß an Rob. Mayers »Gesetz von der Erhaltung der Kraft« erinnert —, von seinen Zeitgenossen kaum beachtet, von anderer Seite zum zweiten Male entdeckt werden mußte, um gebührende Würdigung zu finden.

In neuerer Zeit führt sich diese Einteilung der Krystallformen in 32 Symmetrieklassen immer mehr und mehr ein, da sie allen Verhältnissen in ungezwungenster Weise gerecht zu werden vermag; und wenn eine große Anzahl der heutigen Lehrbücher daneben noch die ältere Einteilung in sechs Krystallsysteme beibehält, so geschieht dies nur wegen der größeren Einfachheit der letzteren.

Nachfolgende Zusammenstellung gibt eine Übersicht über die 32 Symmetrieklassen und deren Zugehörigkeit zu den älteren sechs Systemen.

Reguläres System.

1. Hexakisoktaëdrische	Klasse	Holoëdrie.
2. Hexakistetraëdrische	»	Tetraëdrische Hemiëdrie.
3. Dyakisdodekaëdrische	»	Dodekaëdrische »
4. Pentagonikositetraëdrische	»	Plagiëdrische »
5. Tetraëdrisch-pentagondodekaëdrische	»	Tetartoëdrie.

Hexagonales System.

6.	Dihexagonal-bipyramidale	Klasse	Holoëdrie.
7.	Ditrigonal-skalenoëdrische	»	Rhomboëdrische Hemiëdrie.
8.	Hexagonal-bipyramidale	»	Pyramidale »
9.	*Hexagonal-trapezoëdrische	»	Trapezoëdrische »
10.	*Ditrigonal-bipyramidale	»	Trigonotype »
11.	Trigonal-trapezoëdrische	»	Trapezoëdrische Tetartoëdrie.
12.	Trigonal-rhomboëdrische	»	Rhomboëdrische »
13.	*Trigonal-bipyramidale	»	Trigonale »
14.	Dihexagonal-pyramidale	»	Hemimorphie der Holoëdrie.
15.	Ditrigonal- »	»	Hemimorphie der rhomboëdrischen Hemiëdrie.
16.	Hexagonal- »	»	Hemimorphie der pyramidalen Hemiëdrie.
17.	*Trigonal- »	»	Hemimorphie der trigonalen Tetartoëdrie.

Tetragonales System.

18.	Ditetragonal-bipyramidale	Klasse	Holoëdrie.
19.	Skalenoëdrische	»	Sphenoidische Hemiëdrie.
20.	Bipyramidale	»	Pyramidale »
21.	*Trapezoëdrische	»	Trapezoëdrische »
22.	*Bisphenoidische	»	Sphenoidische Tetartoëdrie.
23.	*Ditetragonal-pyramidale	»	Hemimorphie der Holoëdrie.
24.	Pyramidale	»	» » Hemiëdrie.

Rhombisches System.

25.	Bipyramidale	Klasse	Holoëdrie.
26.	Bisphenoidische	»	Hemiëdrie.
27.	Pyramidale	»	Hemimorphie.

Monoklines System.

28.	Prismatische	Klasse	Holoëdrie.
29.	Domatische	»	Hemiëdrie.
30.	*Sphenoidische	»	Hemimorphie.

Triklines System.

31.	Pinakoidale	Klasse	Centrosymmetrische Abteilung.
32.	*Asymmetrische	»	Asymmetrische »

Für die mit einem * versehenen Klassen sind bis jetzt unter den natürlichen Krystallen noch keine Vertreter gefunden worden.

Die Achsenkreuze.

Um die gegenseitige Lage der Flächen eines Krystalls in übersichtlicher und untereinander leicht vergleichbarer Weise kurz ausdrücken zu können, hat man sich zur Einführung sogenannter »Achsenkreuze«, — bestimmt orientierter Systeme gerader Linien, welche sich in einem Punkte durchschneiden —, veranlaßt gesehen.

Man würde in allen vorkommenden Fällen mit drei solchen Linien, »Achsen«, ausreichen; da aber die Achsenkreuze gleichzeitig den mehr oder minder hohen Grad der Symmetrie der Krystallsysteme zum Ausdruck bringen sollen, so ist man übereingekommen, für die Formen des hexagonalen Systems ein viergliedriges Achsenkreuz zu benutzen; alle übrigen fünf Achsenkreuze bestehen nur aus je drei Achsen.

Die Achsen sind entweder untereinander gleichwertig, d. h. jede Achse kann die Stellung der anderen einnehmen, ohne daß dadurch das Gesamtbild die geringste Veränderung erführe, oder ungleichwertig, d. h. die Achsen lassen sich nicht ohne weiteres miteinander vertauschen.

Es sei an dieser Stelle vor einer Ungenauigkeit in der Ausdrucksweise gewarnt, der man auch in Lehrbüchern bisweilen begegnet: nämlich anstatt »die Achsen sind gleichwertig« zu sagen »die Achsen sind gleich lang«. Die Achsen sind gedachte, mathematische Linien und als solche, — einerlei ob gleich- oder ungleichwertig —, immer unendlich lang.

Um an Modellen die Gleich- oder Ungleichwertigkeit der Achsen anzudeuten, pflegt man, da sich mit mathemathischen Linien ja nicht hantieren läßt, den sie darstellenden Drähten oder Holzstäben gleiche bezw. verschiedene Länge zu geben; man könnte aber ebensogut ein anderes Unterscheidungsmittel zum Ausdruck der Gleich- bezw. Ungleichwertigkeit wählen, z. B. gleiche oder ungleiche Färbung.

Die Achsenkreuze sind immer in bestimmter Orientierung bezüglich des Beschauers aufzustellen: Bei allen Achsenkreuzen stellt man die eine Achse senkrecht und nennt diese die *c*-Achse; eine zweite läßt man quer am Beschauer vorbei laufen: die *b*-Achse; die dritte Achse muß dann bei den dreizähligen Achsenkreuzen notwendigerweise so stehen, daß sie auf den Beschauer zu läuft; man nennt sie die *a*-Achse.

Jede der Achsen wird vom gemeinsamen Durchschnittspunkt aller Achsen in zwei Hälften zerlegt; man bezeichnet die vordere Hälfte der von vorn nach hinten verlaufenden *a*-Achse mit +, die hintere mit —; entsprechend die rechte Hälfte der *b*-Achse mit +, die linke mit —; die obere Hälfte der senkrechten *c*-Achse mit +, die untere mit —.

Dadurch, daß man sich durch je zwei Achsen der dreizähligen Achsenkreuze eine Ebene gelegt denkt, wird der Raum in acht Teile, »Oktanten«, zerlegt.

Die drei Achsen des regulären Systems stehen aufeinander rechtwinklig; sie sind gleichwertig, d. h. jede derselben kann an Stelle der

anderen treten, ohne daß dabei die Symmetrieverhältnisse irgendwelche Veränderung erlitten.

Wie wir bereits erfahren haben, besitzt dieses System den höchsten Grad von Symmetrie: drei Haupt- und sechs Nebensymmetrieebenen.

Wir werden infolgedessen in ihm dem größten Formenreichtum begegnen.

Von den vier Achsen des hexagonalen Systems nimmt die eine, welche senkrecht auf der Hauptsymmetrieebene steht, eine bevorzugte Stellung ein; man bezeichnet sie als Hauptachse und stellt sie senkrecht. Die übrigen drei Achsen, die Nebenachsen, sind untereinander gleichwertig, stehen senkrecht zur Hauptachse, — liegen also in einer horizontalen Ebene —, und schneiden sich unter Winkeln von 60°; sie bilden demnach einen regelmäßigen sechsstrahligen Stern.

Man stellt den Wirtel der Nebenachsen so, daß die eine derselben quer am Beschauer vorbeiläuft, (in der Richtung der *b*-Achse).

Im quadratischen oder tetragonalen System stehen, — wie im regulären System —, die drei Achsen senkrecht aufeinander. Die eine, senkrecht zur Hauptsymmetrieebene verlaufende, unterscheidet sich, — ähnlich wie im hexagonalen System —, bezüglich ihrer Wertigkeit von den beiden anderen; man nennt sie, wie dort, die Hauptachse und stellt sie vertikal. Die beiden Nebenachsen sind gleichwertig, können also gegeneinander vertauscht werden.

Auch das rhombische System besitzt drei sich rechtwinklig schneidende Achsen; diese sind aber alle untereinander ungleichwertig, lassen sich also nicht miteinander verwechseln.

Im monoklinen oder monosymmetrischen System sind die drei Achsen ebenfalls ungleichwertig; nur je zwei Achsen schneiden sich unter rechten Winkeln, die dritte steht zu einer von den beiden anderen schief.

Man stellt das monokline Achsenkreuz so auf, daß die senkrechte *c*-Achse von der *b*-Achse unter einem rechten Winkel geschnitten wird: die *a*-Achse verläuft schief von vorn unten nach hinten oben, sodaß sie zur *b*-Achse rechtwinklig, zur *c*-Achse dagegen schiefwinklig steht.

Da die Neigung der *a*-Achse bei den monoklinen Krystallen verschiedener Substanzen verschieden groß ist, muß man den Neigungswinkel zwischen *a*- und *c*-Achse: β, jedesmal angeben.

Beim triklinen oder asymmetrischen System endlich stehen alle drei ungleichwertigen Achsen schief zueinander, und man ist deshalb genötigt, bei genauer Angabe der Lage der Flächen eines triklinen Krystalls drei Winkelwerte aufzuführen: α (zwischen *b*- und *c*-Achse), β (zwischen *a*- und *c*-Achse) und γ (zwischen *a*- und *b*-Achse).

Inwiefern es möglich ist, mittels dieser sechs Achsenkreuze die Lage jeder einzelnen Fläche, bezw. die Gesamtheit der zu einer einfachen Form gehörenden Krystallflächen zahlenmäßig kurz auszudrücken, werden wir bei Betrachtung der einzelnen Krystallsysteme erfahren.

Krystallographische Bezeichnungsweisen.

Eine einfache Überlegung führt zu dem Ergebnis, daß wir die Lage jeder ebenen Fläche im Raume dadurch ausdrücken können, daß wir angeben, welche Längen, — vom gemeinsamen Durchschnittspunkt aller drei Achsen an gerechnet —, auf drei sich rechtwinklig oder schiefwinklig durchkreuzenden Achsen von der betreffenden Ebene abgeschnitten werden. Man nennt diese Längen die Achsenabschnitte oder Parámeter.

Wenn wir einen regelmäßigen Achtflächner, ein Oktaëder, das von acht gleichseitigen Dreiecken begrenzt ist, z. B. einen Alaunkrystall, betrachten, so wird es uns leicht fallen, seine Flächen in bestimmte Beziehungen zu dem regulären Achsenkreuz zu bringen.

Wir brauchen den Krystall nur so zu stellen, daß die drei rechtwinklig aufeinander stehenden, gleichwertigen Achsen je zwei gegenüberliegende von den sechs vierkantigen Ecken des Oktaëders verbinden (Abb. 38).

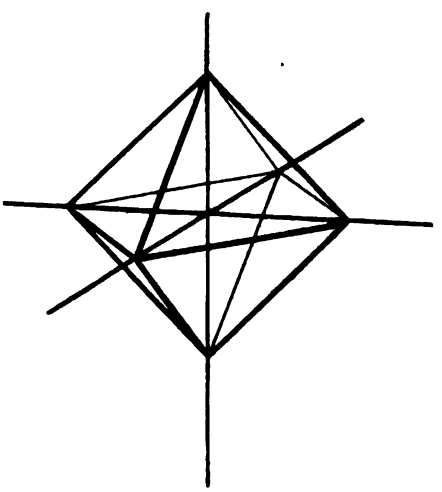


Abb. 38.

Jede Fläche besitzt gegenüber den drei Achsen gleiche Neigung. Auch die Achsenabschnitte, (vom gemeinsamen Durchschnittspunkt der drei Achsen an gerechnet), haben gleiche Größe.

Wir können also ein solches reguläres Oktaëder einen Körper nennen, dessen Flächen auf drei, rechtwinklig zueinander stehenden Achsen gleiche Längen abschneiden. Die Größe dieser Längen ist unwesentlich: die Krystallform bleibt dieselbe, ob nun die Achsenabschnitte nur winzige Bruchteile von Millimetern, oder Centimeter, Decimeter, Meter, usw. betragen.

Es kommt einzig und allein auf das gegenseitige Verhältnis der Längen der Achsenabschnitte an.

Bereits im Jahre 1785 stellte der französische Mineraloge Haüy auf Grund von zahlreichen Krystallmessungen ein unter anderem für die Bezeichnungsweise der Krystallformen sehr wichtiges Grundgesetz fest: Daß die an Krystallen ein und desselben Minerals möglichen Flächen bezüglich der Länge ihrer Achsenabschnitte zur einfachsten Grundform des betreffenden Minerals in einem bestimmten Abhängigkeitsverhältnis stehen, derart,

daß neben dieser Grundform, deren Parameterverhältnis im allgemeinsten Falle $a : b : c$ sei[1]), nur solche Flächen möglich sind, deren Achsenabschnitte durch ganze, rationale Zahlen ausdrückbare Vielfache dieser Parameter sind, und daß außerdem die Flächen umso häufiger sind, je einfacher dieses Zahlenverhältnis ausfällt.

Man nennt dieses merkwürdige Gesetz, welches die unendliche Zahl aller denkbaren Formen auf relativ wenige Möglichkeiten beschränkt, das der Rationalität der Parameterverhältnisse oder Indices.

Man hat verschiedene Mittel ersonnen, dieses Verhältnis in einfacher Weise auszudrücken; leider ist auch hier, — genau wie bei der Systematik der Krystallformen —, die wünschenswerte Einheitlichkeit in der Bezeichnungsweise bis heute noch nicht erreicht worden, und man muß sich deshalb mit verschiedenen der gebräuchlichsten Bezeichnungssysteme bekannt machen.

Bei der Bezeichnungsweise von Christian Samuel Weiß werden die einzelnen Flächen, bezw. deren Gesamtheit, — also eine einfache Krystallform —, durch Buchstaben ausgedrückt, welche so gewählt wurden, daß sie die Gleich- bezw. Ungleichwertigkeit der Achsen andeuten, unter Hinzufügung von Zahlen, um die rationalen Koëffizienten der Achsenabschnitte der einzelnen vorkommenden Formen jedes Minerals zum Ausdruck zu bringen.

Diese Weißschen Zeichen gestatten, — wie auch die Graßmann-

---

1) Die Buchstaben $a : b : c$ sollen andeuten, daß dieses Verhältnis der Achsenabschnitte der Grundform für jedes Mineral ein anderes ist, mit Ausnahme der regulär krystallisierenden Mineralien, welche sich alle von derselben Grundform $1 : 1 : 1$ herleiten.

An Stelle der Buchstaben a, b, c sind in jedem bestimmten Falle die aus den Winkelwerten der Grundform des betreffenden Minerals berechneten Zahlenwerte der Achsenabschnitte zu setzen; in den Systemen mit drei ungleichwertigen Achsen, (rhombisch, monoklin und triklin), wird man drei verschiedene, — im allgemeinen irrationale —, Zahlen erhalten, die man immer so umrechnet, daß eine davon, (gewöhnlich der Abschnitt auf der b-Achse), gleich 1 wird, sodaß außer den drei Winkeln des Achsenkreuzes nur noch zwei (irrationale) Zahlen zur unzweideutigen Festlegung der Grundform nötig sind; man nennt diese fünf Bestimmungsstücke, — drei Winkel und zwei Achsenabschnitte —, die »Elemente« des Krystalls; dieselben betragen z. B. beim triklinen Kupfervitriol: $\overset{a}{0{,}5656} : 1 : \overset{c}{0{,}5499}$; $\overset{\alpha}{97°39'}$; $\overset{\beta}{106°49'}$; $\overset{\gamma}{77°37'}$; beim monoklinen Eisenvitriol: $\overset{a}{1{,}1828} : 1 : \overset{c}{1{,}5427}$; $\beta = 104°45\frac{1}{2}'$, beim rhombischen Schwefel: $\overset{a}{0{,}8130} : 1 : \overset{c}{1{,}9037}$; bei den Systemen mit einer Hauptachse und gleichwertigen Nebenachsen, (tetragonal und hexagonal), setzt man die unter sich gleichen Abschnitte der Nebenachsen gleich 1 und braucht also nur noch eine irrationale Zahl, den Abschnitt auf der c-Achse darstellend, anzugeben; z. B. beim tetragonalen Zinnstein: $1 : \overset{c}{0{,}6723}$; beim hexagonalen Quarz: $1 : \overset{c}{1{,}0999}$. Wie aus den angeführten Beispielen hervorgeht, fügt man, um Verwechselungen zu vermeiden, den Zahlenwerten vorsichtigerweise noch die Bezeichnungen der Achsen: a, b, c bei.

Millerschen —, die Bezeichnung jeder einzelnen Fläche; ein Vorteil, den die Naumannsche Methode nicht besitzt.

Sind die drei Achsen ungleichwertig, wie z. B. im rhombischen, monoklinen oder triklinen System, so hat die Grundform, die Pyramide, das Zeichen $(a:b:c)$, wobei a den Abschnitt auf der a-Achse, b den auf der b-Achse, und c den auf der vertikalen c-Achse bedeutet.

Wir haben gelegentlich der Betrachtung der einzelnen, dreizähligen Achsenkreuze erfahren, daß die vorderen, rechten, oberen Hälften der Achsen mit dem + Vorzeichen, die hinteren, linken, unteren Hälften mit — bezeichnet werden; unter Benutzung dieser Vorzeichen können wir jede einzelne Fläche einer solchen Grundpyramide unzweideutig bezeichnen; die acht Flächen derselben werden folgende Zeichen erhalten: $a:b:c$, $-a:b:c$, $a:-b:c$, $a:b:-c$, $-a:-b:c$, $a:-b:-c$, $-a:b:-c$, $-a:-b:-c$.

Je zwei derselben laufen einander parallel, nämlich diejenigen, deren Indices entgegengesetztes Vorzeichen besitzen, z. B. $a:b:c$ und $-a:-b:-c$; $a:-b:c$ und $-a:b:-c$; usw.

Will man die Gesamtheit aller zu einer einfachen Form gehörigen Flächen bezeichnen, so setzt man den Ausdruck in Klammern: $(a:b:c)$, die oft weggelassen werden, namentlich wenn eine Mißdeutung nicht zu befürchten ist.

Wenn wir die Achsenabschnitte a, b, c alle mit derselben Zahl multiplizieren oder durch die gleiche Zahl dividieren, so ändert dies an der Fläche nichts; die neuen Parameter drücken dann nur eine zur ersteren parallele Fläche aus. Also ist z. B. $4a:4b:4c$ oder $\frac{1}{3}a:\frac{1}{3}b:\frac{1}{3}c$ keine andere Fläche als $a:b:c$. Jedes Parameterverhältnis, das Brüche enthält, läßt sich durch geeignete Multiplikation oder Division in ein solches mit ganzen Zahlen verwandeln; z. B. erhalten wir aus $\frac{1}{3}a:b:\frac{1}{2}c$ durch Multiplikation mit dem gemeinsamen Nenner 6: $8a:6b:3c$.

Wenn eine Fläche einer Achse parallel geht, so kann natürlich keine bestimmte Zahl als Parameter dieser Achse angegeben werden; man bezeichnet dann den betreffenden Achsenabschnitt als unendlich groß: ∞.

Bei einem aus drei geraden Linien bestehenden Achsenkreuz wird jede Krystallfläche 1) entweder alle drei Achsen schneiden (Pyramidenflächen) z. B. $a:b:c$ oder $a:2b:c$, usw.; oder 2) zwei Achsen schneiden und der dritten parallel gehen (Prismenflächen) z. B. $a:b:\infty c$, oder $2a:\infty b:c$, usw.; oder 3) nur eine Achse schneiden und den beiden anderen parallel laufen (Pinakoidflächen) z. B. $a:\infty b:\infty c$, oder $\infty a:b:\infty c$, oder $\infty a:\infty b:c$.

Weitere Fälle sind nicht möglich.

Die Parameter auf gleichwertigen Achsen erhalten denselben Buchstaben; so z. B. bei den zwei gleichwertigen Nebenachsen des tetragonalen Systems: $a:a:c$, oder $a:2a:c$, usw., oder beim regulären System, bei

dem alle drei Achsen gleiche Wertigkeit besitzen: $a : a : a$, oder $\infty a : a : a$; oder $\infty a : a : \infty a$, usw.

Die zum Teil besonderen Bezeichnungsweisen der Teilflächner werden wir gelegentlich der näheren Betrachtung der letzteren kennen lernen.

Die Methode von Carl Friedrich Naumann hat den Vorzug großer Kürze, was für manche Zwecke von Vorteil ist.

Sie geht ebenfalls von der Grundform jedes Systems aus, im regulären System also vom Oktaëder, in den übrigen von den diesem entsprechenden Doppelpyramiden.

Die Anfangsbuchstaben O bzw. P gelten als Symbol für die Grundform, also O für $(a : a : a)$, P für die betreffenden Grunddoppelpyramiden der übrigen Systeme. Da, wie wir gesehen haben, bei den abgeleiteten Formen der eine Achsenabschnitt immer gleich 1 gemacht zu werden pflegt, hat man nur noch die rationalen Zahlenwerte für die beiden anderen Achsenabschnitte anzugeben, wobei dieselben vor bzw. hinter den Buchstaben O oder P gesetzt werden.

Die vor dem P stehende Zahl drückt immer die Länge des Achsenabschnitts auf der vertikalen c-Achse aus. (Eine Ausnahme hiervon macht nur die besondere Bezeichnungsweise der Skalenoëder).

Die dritte Bezeichnungsart, — oft nur die Millersche genannt —, wurde von dem Mathematiker Graßmann bereits 1829 veröffentlicht und von Miller später in die praktische Krystallographie eingeführt; gerechterweise wird man sie die »Graßmann-Millersche« nennen.

Sie hat für den Krystallographen den beiden anderen, bisher betrachteten gegenüber einige Vorzüge und wird deshalb bei Krystallberechnungen vorzugsweise benutzt.

Wir erhalten diese Graßmann-Millerschen Zeichen aus den entsprechenden Weißschen, indem wir zunächst an Stelle der Koëffizienten der letzteren deren reziproke Werte setzen, die Unterscheidungsbuchstaben a, b und c weglassen, und dann das entstehende Verhältnis auf ganze Zahlen bringen; z. B. wird aus $a : 2b : 3c$: $\frac{1}{1}a : \frac{1}{2}b : \frac{1}{3}c$, oder $\frac{1}{1} : \frac{1}{2} : \frac{1}{3}$; durch Multiplikation mit dem gemeinsamen Nenner $2 \cdot 3 = 6$ erhält man: $\frac{6}{1} : \frac{6}{2} : \frac{6}{3} = 6 : 3 : 2$; oder $a : 2b : \frac{1}{3}c$ gibt: $\frac{1}{1} : \frac{1}{2} : \frac{3}{1}$; durch Multiplikation mit dem gemeinsamen Nenner 2 erhält man: $\frac{2}{1} : \frac{2}{2} : \frac{6}{1} = 2 : 1 : 6$.

Das Weißsche Zeichen ∞a wird bei der Umwandlung zu $\frac{1}{\infty}a$ oder kurz $\frac{1}{\infty}$, wofür man den Index 0 setzt, da $\frac{1}{\infty}$ gleich 0 ist.

Das die hinteren, linken, unteren Achsenhälften andeutende negative Vorzeichen wird über den betreffenden Index gesetzt; z. B. $1\bar{1}1$, $\bar{1}1\bar{1}$, $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$, usw.

Soll nur eine einzelne Fläche einer Form bezeichnet werden, so schließt man die Indices in ( ) Klammern ein; ist die Gesamtheit aller

Flächen einer einfachen Krystallform gemeint, so treten an Stelle der runden Klammern solche von { } Form.

Handelt es sich darum, ganz im allgemeinen eine Form mit wechselnden Indices auszudrücken, so benutzt man an Stelle von Indexzahlen die Buchstaben *h*, *k* und *l*[1]).

---

1) Miller verwendete für die Formen aller Systeme Symbole mit nur drei Indices.

Damit die einzelnen Flächen einer hexagonalen Form Indicessymbole erhalten, welche sich aus denselben Ziffern zusammensetzen, schlug Bravais vor, die Indices aller drei Nebenachsen aufzuführen, sodaß die Symbole der hexagonalen Formen dann aus je vier Indices, h, i, k und l, bestehen; man nennt diese viergliedrigen hexagonalen Symbole diejenigen nach »Miller-Bravais«.

I. Reguläres System.

Holoëdrie.

Das reguläre Achsenkreuz besteht, wie wir erfahren haben, aus drei, senkrecht aufeinander stehenden, gleichwertigen Achsen.

Es besitzt drei Haupt- und sechs Nebensymmetrieebenen.

Dank dieser höchst vollkommenen Symmetrieverhältnisse finden wir im regulären System die mannigfaltigsten und flächenreichsten Grundformen; man kennt sieben bezüglich ihrer Gestalt sich wesentlich unterscheidende reguläre Vollflächner oder Holoëder.

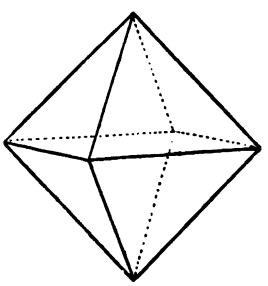


Abb. 39.

1. Das Oktaëder, (d. h. Achtflächner), (Abb. 39), wird von acht gleichseitigen Dreiecksflächen umgrenzt, welche sich in zwölf gleichlangen Kanten schneiden, und sechs gleiche, vierkantige Ecken bilden.

Der Winkel zwischen je zwei benachbarten Flächen beträgt 109° 28′ 16″.

Die Achsen verbinden die gegenüberliegenden Ecken. Jede Fläche schneidet auf den drei Achsen gleiche Stücke ab; das Weißsche Zeichen ist infolgedessen: $(a : a : a)$; das Naumannsche: O; das Graßmann-Millersche: {111}.

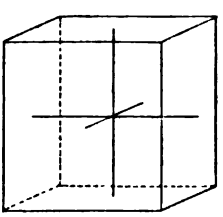


Abb. 40.

2. Der Würfel oder das **Hexaëder,** (d. h. Sechsflächner), (Abb. 40), wird von sechs, einander unter rechten Winkeln schneidenden Quadraten begrenzt, mit zwölf gleichen Kanten und acht gleichen, dreikantigen Ecken; der Kantenwinkel beträgt 90°.

Man stellt den Würfel so auf, daß jede Fläche je zwei Achsen parallel geht. Jede Fläche schneidet eine Achsenhälfte; die beiden anderen Achsenabschnitte sind unendlich groß.

Das Weißsche Zeichen lautet deshalb: $(a : \infty a : \infty a)$; das Naumannsche: $\infty O \infty$; das Graßmann-Millersche: {100}.

3. Das **Rhombendodekaëder,** (d. h. Rhombenzwölfflächner), (Abb. 41), wird von zwölf gleichen Rhombenflächen begrenzt; seine 24 Kanten sind unter sich gleich. Dagegen müssen wir zweierlei Ecken unterscheiden: Sechs vierkantige und acht dreikantige.

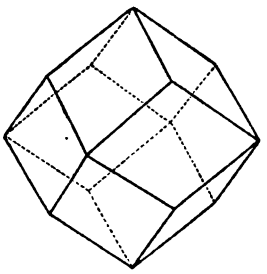


Abb. 41.

Man stellt die Form so auf, daß die Achsen je zwei gegenüberliegende der sechs vierkantigen Ecken verbinden. Der Kantenwinkel beträgt 120°.

Weil die sechs vierkantigen Ecken bezüglich ihrer Lage und Anzahl den sechs Ecken des Oktaëders entsprechen, pflegt man erstere wohl auch die »Oktaëderecken«, letztere die »Würfelecken« des Dodekaëders zu nennen.

Je zwei Achsen werden von einer Fläche in gleicher Entfernung vom Centrum geschnitten; die dritten Achsenabschnitte sind unendlich groß.

Das Weißsche Zeichen für das Rhombendodekaëder ist deshalb: $(a : a : \infty a)$; das Naumannsche: ∞O; das Graßmann-Millersche $\{110\}$.

Man nennt das Rhombendodekaëder überflüssigerweise bisweilen wohl auch »Granatoëder«, weil es am Granat besonders häufig vorkommt.

Mit diesen drei Körpern sind die Formen, bei denen sämtliche Indices eine einzige, bestimmte Größe (1 und ∞ bzw. 0) besitzen, erschöpft. Sie sind einzig in ihrer Art und bilden, wie wir sehen werden, zugleich die Grenzformen für die übrigen regulären Holoëder.

4. Die **Triakisoktaëder,** (d. h. Dreimalachtflächner), (Abb. 42 bis 44), werden von vierundzwanzig, gleichschenkligen Dreiecken begrenzt.

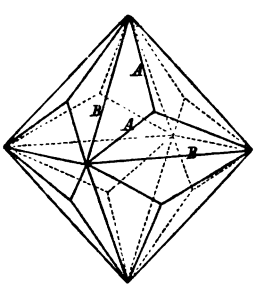


Abb. 42.

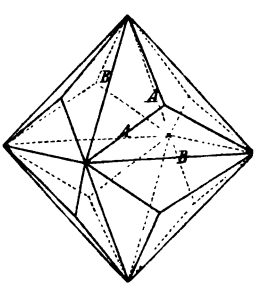


Abb. 43.

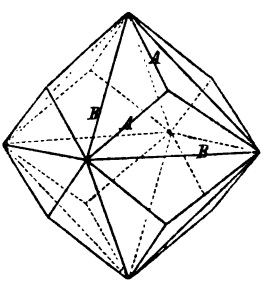


Abb. 44.

Sie heißen auch »Pyramidenoktaëder«, weil sie gewissermaßen ein Oktaëder darstellen, auf dessen acht Flächen gleiche, dreiseitige Pyramiden aufgesetzt sind.

Dementsprechend nennt man ihre zwölf längeren Kanten $(B\,B)$ auch »Oktaëderkanten«, die 24 kürzeren $(A\,A)$ die »Pyramidenkanten«.

In ähnlicher Weise wie beim Rhombendodekaëder können wir auch hier zweierlei Ecken unterscheiden: Acht dreikantige (»Pyramiden«- oder

»Würfelecken«), und sechs Ecken, welche wir wegen ihrer analogen Lage »Oktaëderecken« nennen könnten. Jede der letzteren wird von acht Kanten gebildet, von denen aber nur je vier, (die abwechselnden), einander gleich sind, weshalb man derartige Ecken nicht achtkantige, sondern »vierundvierkantige« zu nennen pflegt.

Die Achsen verbinden die gegenüberliegenden dieser vierundvierkantigen Ecken.

Zwei Parameter sind gleich, wie beim Oktaëder; der dritte Achsenabschnitt kann die Größe aller rationalen Zahlen von 1 bis ∞ haben.

Infolge der ausgeprägten Symmetrieverhältnisse des regulären Systems erhalten wir auf diese Weise in jedem Oktanten drei Flächen, zusammen also 24; z. B. liegen im oberen, rechten, vorderen Oktanten die Flächen: $a : a : 2a$; $a : 2a : a$; $2a : a : a$; oder anders geschrieben: 112, 121, 211.

Nähert sich der variable Wert der Größe 1, so sieht das betreffende Pyramidenoktaëder dem Oktaëder sehr ähnlich; ist umgekehrt der Wert sehr groß, so nähert sich der Körper in seiner Gestalt dem Dodekaëder.

Oktaëder und Rhombendodekaëder sind also die »Grenzformen«; dazwischen liegen alle Pyramidenoktaëder.

Das allgemeine Weißsche Zeichen lautet: $(a : a : ma)$; das Naumannsche: mO; das Graßmann-Millersche: $\{hhl\}$; wobei m bzw. h und l durch rationale Zahlen zwischen 1 und ∞ ersetzt werden können, und h größer als l sein muß.

In der Natur finden sich, wie wir schon beim Haüyschen Gesetz erfuhren, nur die einfachsten Formen häufiger vor; von all den möglichen Pyramidenoktaëdern besonders: $(a : a : \frac{3}{2}a)$; $(a : a : 2a)$; $(a : a : 3a)$; nach Naumann: $\frac{3}{2}O$; $2O$; $3O$; nach Graßmann-Miller: {332}; {221}; {331}.

5. Die **Tetrakishexaëder,** (d. h. Viermalsechsflächner), sind, wie die Triakisoktaëder, von 24 gleichschenkligen, untereinander gleichen Dreiecken begrenzt, (Abb. 45—47).

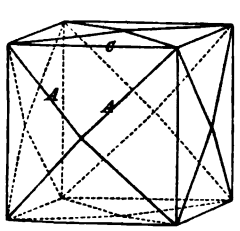


Abb. 45.

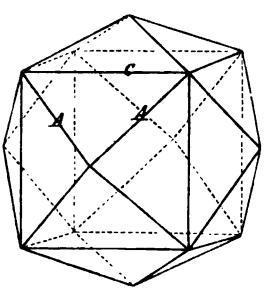


Abb. 46.

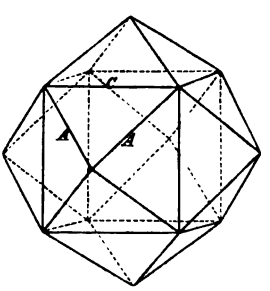


Abb. 47.

Es sind gewissermaßen Würfel, auf deren sechs Flächen vierseitige Pyramiden aufgesetzt wurden und sie werden deshalb meist »Pyramidenwürfel« genannt.

Infolgedessen bezeichnet man die zwölf langen Kanten (C) wohl auch als »Würfelkanten«; die übrigen 24 kürzeren ($A\,A$) als »Pyramidenkanten«.

Je vier der letzteren bilden sechs vierkantige Ecken, (die man nach dem beim Pyramidenoktaëder und Rhombendodekaëder gegebenen Beispiele auch »Oktaëderecken« nennen könnte).

Je drei der langen und drei der kürzeren Kanten schneiden sich in einer der acht dreiunddreikantigen Ecken, (welche man analog als »Würfelecken« bezeichnen kann).

Die Achsen verbinden je zwei gegenüberliegende, vierkantige (Oktaëder)-Ecken.

Der Parameter auf der einen Achse ist gleich 1, der auf der zweiten eine rationale Zahl zwischen 1 und ∞, der dritte ist unendlich groß; jede Fläche geht also der dritten Achse parallel.

Ist der variable Achsenabschnitt nahezu gleich 1, so ähnelt der betreffende Pyramidenwürfel dem Dodekaëder (Abb. 47); ist er umgekehrt sehr groß, so nähert sich die Form dem Würfel (Abb. 45). Die Grenzformen sind also hier Dodekaëder und Würfel.

Das allgemeine Weißsche Zeichen lautet: $(a : na : \infty a)$; das Naumannsche: ∞On; das Graßmann-Millersche: $\{hk0\}$, wobei n bzw. h und k rationale Zahlen zwischen 1 und ∞ bedeuten.

Die in der Natur am häufigsten vorkommenden Pyramidenwürfel sind: $(a : \frac{3}{2}a : \infty a)$; $(a : 2a : \infty a)$; $(a : 3a : \infty a)$; nach Naumann: $\infty O\frac{3}{2}$; $\infty O2$; $\infty O3$; nach Graßmann-Miller: {320}; {210}; {310}.

6. Die **Ikositetraëder,** (d. h. Vierundzwanzigflächner), (Abb. 48—50), werden von 24 Deltoidflächen umschlossen, (d. s. Vierecke mit zweierlei

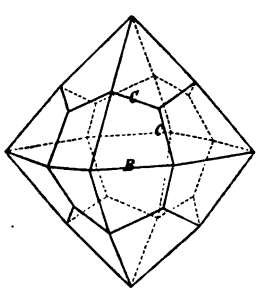


Abb. 48.

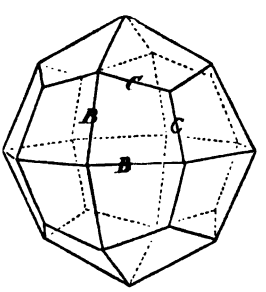


Abb. 49.

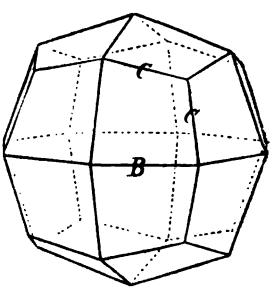


Abb. 50.

Seiten und dreierlei Winkeln; die ungleichen Seiten schließen gleiche Winkel, die gleichen Seiten ungleiche Winkel ein).

Es sind zweierlei Kanten vorhanden: 24 längere, ($B\,B$), die paarweise über den Kanten des einbeschriebenen Oktaëders liegen, und 24 kürzere, ($C\,C$), zu je drei über den acht Oktaëderflächen liegend.

Ferner lassen sich dreierlei Ecken unterscheiden: Sechs vierkantige (Oktaëder-)Ecken; acht dreikantige (Würfel-)Ecken und zwölf zweiundzweikantige Ecken, von je zwei längeren und kürzeren Kanten gebildet.

Die Achsen verbinden je zwei gegenüberliegende vierkantige (Oktaëder-) Ecken.

Zwei Parameter sind einander gleich und größer als 1; der dritte ist gleich 1.

Sind die beiden variablen Achsenabschnitte nur wenig größer als 1, so ähnelt das betreffende Ikositetraëder dem Oktaëder; sind ihre Werte umgekehrt sehr groß, so nähert sich die Form in ihrem Habitus dem Würfel.

Die Grenzformen sind also hier Oktaëder und Würfel.

Das allgemeine Weißsche Zeichen eines Ikositetraëders ist: $(a : ma : ma)$; das entsprechende Naumannsche: mOm; das Graßmann-Millersche: $\{hkk\}$, wobei m bzw. h und k rationale Zahlenwerte zwischen 1 und ∞ bedeuten.

Die an natürlichen Krystallen gewöhnlichsten Ikositetraëder sind: $(a : 2a : 2a)$ und $(a : 3a : 3a)$; nach Naumann: $2O2$ und $3O3$; nach Graßmann-Miller: $\{211\}$ und $\{311\}$.

Weil das Ikositetraëder $2O2$ am Leucit besonders häufig vorkommt, nennt man die Ikositetraëder überflüssigerweise wohl auch »Leucitoëder«.

7. Die flächenreichsten, einfachen Formen des regulären Systems sind die **regelmäßigen Achtundvierzigflächner** oder **Hexakisoktaëder,** (d. h. Sechsmalachtflächner), (Abb. 51).

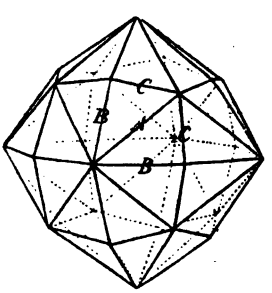


Abb. 51.

Dieselben werden von 48 ungleichseitigen Dreiecken umschlossen; wir können infolgedessen dreierlei Kanten wahrnehmen: 24 längste Kanten, (A), die ähnliche Lage und Verteilung besitzen, wie die des Rhombendodekaëders; (sie können mit diesen zusammenfallen und man kann in diesem Falle das Hexakisoktaëder als »Pyramidenrhombendodekaëder« betrachten, d. h. als Dodekaëder, auf dessen zwölf Rhombenflächen untereinander gleiche, vierflächige, rhombische Pyramiden aufgesetzt sind); 24 mittlere Kanten, (BB), welche zu zweit über den Kanten des einbeschriebenen Oktaëders liegen, (in gleicher Weise, wie die 24 längeren Kanten des Ikositetraëders), und 24 kürzeste Kanten, (CC), die paarweise über den Kanten des einbeschriebenen Würfels liegen.

Ebenso sind dreierlei Ecken vorhanden: Sechs vierundvierkantige (Oktaëder-)Ecken, acht dreiunddreikantige (Würfel-)Ecken und zwölf zweiundzweikantige Ecken, welche analog den zweiundzweikantigen Ikositetraëderecken verteilt sind. Die Achsen verbinden je zwei gegenüberliegende vierundvierkantige (Oktaëder-)Ecken.

Die Kantenwinkel der mittleren Kanten schwanken zwischen 180° und 109° 28′ 16″, (Oktaëderkantenwinkel), die der längsten zwischen 180° und 120° (Dodekaëderkantenwinkel), die der kürzesten zwischen 180° und 90°, (Würfelkantenwinkel).

Alle drei Parameter haben verschiedene Größe und können rationale Werte zwischen 1 und ∞ annehmen.

Infolge der Gleichwertigkeit der drei Achsen erhalten wir in jedem Oktanten sechs Flächen, in allen acht zusammen also 48: z. B. liegen im vorderen, rechten, oberen Oktanten die Flächen: $a:2a:3a$; $a:3a:2a$; $2a:a:3a$; $2a:3a:a$; $3a:a:2a$; $3a:2a:a$; oder einfacher geschrieben: 123, 132, 213, 231, 312, 321; im vorderen, linken, unteren dagegen die Flächen: $a:-2a:-3a$; $a:-3a:-2a$; $2a:-a:-3a$; $2a:-3a:-a$; $3a:-a:-2a$; $3a:-2a:-a$; oder einfacher: $1\bar{2}\bar{3}$, $1\bar{3}\bar{2}$, $2\bar{1}\bar{3}$, $2\bar{3}\bar{1}$, $3\bar{1}\bar{2}$, $3\bar{2}\bar{1}$.

Differieren die beiden größten Parameterwerte nur wenig, so ähnelt die Form einem Ikositetraëder; differieren sie dagegen stark, so daß der eine Wert sehr groß ist, so nähert sich der resultierende Achtundvierzigflächner einem Pyramidenwürfel; kommen die beiden kleineren Parameter dem Wert 1 relativ nahe, so entstehen Formen, die einem Pyramidenoktaëder ähnlich sind.

Durch weitere Veränderungen des Verhältnisses der Achsenabschnitte kann man es auch dahin bringen, daß die betreffenden Achtundvierzigflächner den drei einfachsten Grundformen: Oktaëder, Würfel und Rhombendodekaëder ähnlich werden.

Das allgemeine Weißsche Zeichen ist: $(a:ma:na)$; das Naumannsche: mOn; das Graßmann-Millersche: $\{hkl\}$, wobei m und n, bzw. h, k und l durch rationale Zahlen zwischen 1 und ∞ ersetzt werden können.

Die an natürlichen Krystallen am häufigsten vorkommenden Formen sind: $(a:\frac{3}{2}a:3a)$, $(a:2a:4a)$ und $(a:\frac{5}{3}a:5a)$; nach Naumann: $3O\frac{3}{2}$, $4O2$ und $5O\frac{5}{3}$; nach Graßmann-Miller: {321}, {421} und {531}.

Die schon bei der vorstehenden Betrachtung der einzelnen Formen erwähnten verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen denselben lassen sich in übersichtlicher Weise durch nebenstehendes Schema (Abb. 52) veranschaulichen:

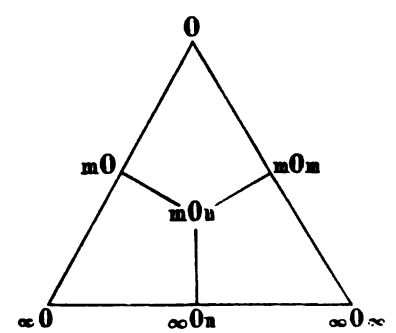


Abb. 52.

An den Ecken desselben stehen die, eine Sonderstellung einnehmenden Grenzformen: Oktaëder, Würfel und Rhombendodekaëder; zwischen dem Oktaëder und dem Rhombendodekaëder liegt die Reihe sämtlicher Pyramidenoktaëder; zwischen dem Oktaëder und dem Würfel gruppieren sich alle Ikositetraëder und zwischen Dodekaëder und Würfel liegen alle Pyramidenwürfel. Den Innenraum dieses Dreiecks nehmen alle die verschiedenen Achtundvierzigflächner ein. Jeder derselben steht in einem bestimmten Zusammenhange mit je einem Pyramidenoktaëder, Pyramidenwürfel und Ikositetraëder, was durch die drei von mOn auf die Seiten des gleichseitigen Dreiecks gefällten Lote ausgedrückt werden soll.

Alle holoëdrischen Formen des regulären Systems lassen sich als Spezialfälle des allgemeinsten Körpers, des Hexakisoktaëders, ansehen.

Combinationen.

Man begegnet bei der Betrachtung krystallisierter Mineralien sehr oft Krystallen, an denen zwei oder mehrere der sieben einfachen holoëdrischen Formen des regulären Systems vorkommen. Man nennt solche zusammengesetzte Formen »Combinationen«.

Die Kanten und Ecken der einen einfachen Form scheinen dabei von den Flächen der anderen gewissermaßen weggeschnitten zu sein, und es entstehen dadurch ganz neue Kanten und Ecken, die weder der einen, noch der anderen Form zugerechnet werden können: Combinationskanten bzw. Combinationsecken.

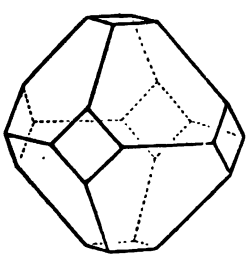
In der Regel herrscht die eine oder andere Form vor, und man bringt diese Verschiedenheit in der Größe der Flächenausbildung zum Ausdruck, indem man bei der Bezeichnung die tonangebende Form an erster Stelle aufführt.

Wir nennen eine Kante oder Ecke »abgestumpft«, wenn an ihrer Stelle eine Fläche auftritt; bei einer »zugeschärften« Kante oder Ecke sind an deren Stelle zwei Flächen zu beobachten; »zugespitzt« nennt man eine Ecke, wenn an deren Stelle eine nicht zu der betreffenden einfachen Form gehörige neue Ecke tritt[1]).

Die durch die Oktaëderflächen bewirkten Eckenabstumpfungen zeigen immer ▲-Gestalt; die durch Würfelflächen entstehenden: ◆-Form.

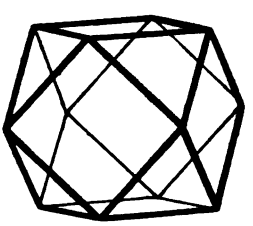
Überwiegt an einer Combination weder die eine noch die andere Grundform, so daß alle Flächen in gleichem Maße ausgebildet sind, so nennt man dieselbe einen »Mittelkrystall«.

Nachstehende Abbildungen veranschaulichen einige der häufigsten Combinationen der regulär-holoëdrischen Formen.



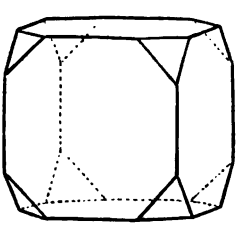
O; ∞*O*∞.

Abb. 53.



O; ∞*O*∞, oder ∞*O*∞; *O*.

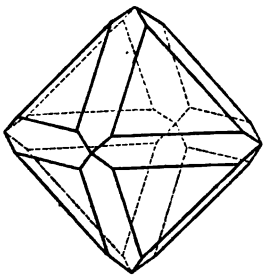
Abb. 54.



∞*O*∞; *O*.

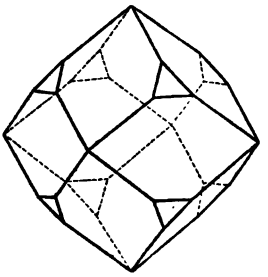
Abb. 55.

1) Die Bezeichnungen »zugeschärft« und »zugespitzt« sind nicht ganz glücklich gewählt, da die neuen Kanten und Ecken stumpfer und weniger scharf als die ursprünglichen sein müssen.



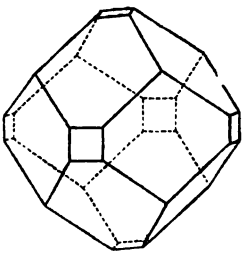
O; ∞O.

Abb. 56.



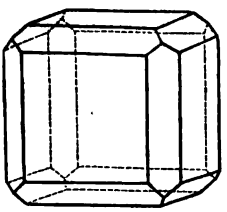
∞O; O.

Abb. 57.



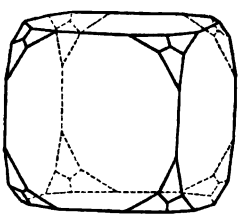
∞O; $\infty O \infty$.

Abb. 58.



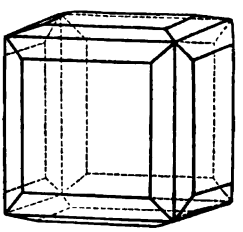
$\infty O \infty$; ∞O.

Abb. 59.



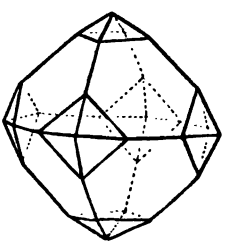
$\infty O \infty$; $2 O$.

Abb. 60.



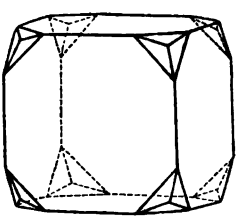
$\infty O \infty$; $\infty O 3$.

Abb. 61.



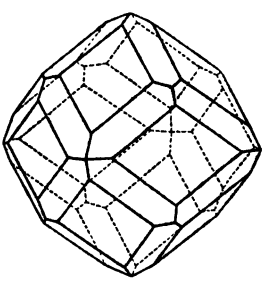
O; $2 O 2$.

Abb. 62.



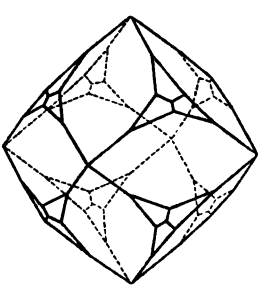
$\infty O \infty$; $2 O 2$.

Abb. 63.



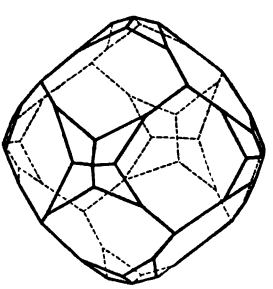
∞O; $2 O 2$.

Abb. 64.



∞O; $\frac{3}{2} O \frac{3}{2}$.

Abb. 65.



∞O; $3 O 3$.

Abb. 66.

Die Teilflächner des regulären Systems.

An einer Reihe von Mineralien, wie Zinkblende, Fahlerz, Boracit, Pyrit, usw.; die auch ihres physikalischen Verhaltens wegen dem regulären System zugerechnet werden müssen, begegnet man öfters Formen, die mit keiner der bisher betrachteten so recht in Einklang zu bringen sind; oder wir finden zwar Formen, die den bekannten sieben Grundformen anscheinend analog sind, müssen aber bei näherer Betrachtung die Wahrnehmung machen, daß die Flächen, z. B. des Oktaëders, bezüglich ihrer Oberflächenbeschaffenheit in zwei scharf getrennte Abteilungen zerfallen (z. B. ist die eine Hälfte der Flächen matt, die andere glänzend ausgebildet), daß also der scheinbar einfache Körper in Wirklichkeit eine Combination zweier Formen mit je der halben Flächenzahl darstellt.

Diese neuen Krystallformen besitzen einen geringeren Grad von Symmetrie als die bisher betrachteten sieben Grundformen der Vollflächner oder Holoëder, was sich vor allem mittels der Ätzfiguren bequem nachweisen läßt; man kann sie von den genannten sieben Vollflächnern herleiten, indem man an letzteren nur einen Teil der Flächen, — die Hälfte oder ein Viertel, in bestimmter, gesetzmäßiger Verteilung —, zur Ausbildung gelangen läßt. Man nennt sie deswegen »Halbflächner« oder »Hemiëder«, bzw. »Viertelflächner« oder »Tetartoëder«.

Eine Betrachtung der Symmetrieverhältnisse des regulären Systems läßt drei Arten von Hemiëdrien möglich erscheinen:

1. Es fallen die drei Hauptsymmetrieebenen fort;
2. es verschwinden die sechs Nebensymmetrieebenen;
3. es sind weder Haupt- noch Nebensymmetrieebenen vorhanden.

Die auf diese Weise sich ergebenden drei Arten von Halbflächnern pflegt man als tetraëdrische, pentagondodekaëdrische und plagiëdrische Hemiëdrie zu bezeichnen.

I. Tetraëdrische Hemiëdrie.

Die Formen derselben sind nur nach den sechs Nebensymmetrieebenen, — oder, was dasselbe ist, nach den Rhombendodekaëderflächen —, symmetrisch; nicht mehr nach den drei Hauptsymmetrieebenen (oder den Würfelflächen).

Da in ihr parallele Flächen an einer Form nicht vorkommen, nennt man sie wohl auch »geneigtflächige Hemiëdrie«.

Von den acht Oktanten des regulären Achsenkreuzes verhalten sich nur noch je vier gleich, und zwar jene, welche nicht benachbart sind.

Dementsprechend werden vom Oktaëder nur noch je vier Flächen auftreten, und zwar die sich nicht in den Kanten, sondern nur in den Ecken berührenden.

Je nachdem man die eine oder die andere Hälfte der acht Oktaëder-

flächen zur Ausbildung gelangen läßt, erhält man zwei Vierflächner, **Tetraëder** (τετρα, tetra = vier, ἕδρα, hedra = Fläche), die bezüglich ihrer Gestalt einander völlig gleich sind und sich nur durch die Stellung unterscheiden (Abb. 67 und 69).

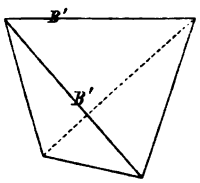


Abb. 67.

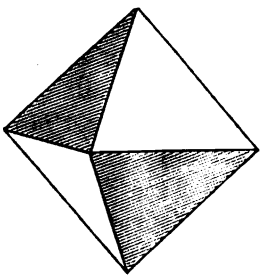


Abb. 68.

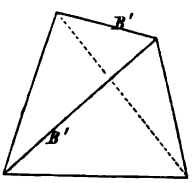


Abb. 69.

Dieselben sind von je vier gleichseitigen Dreiecken umschlossen, besitzen sechs gleiche Kanten und vier dreikantige Ecken.

Der Kantenwinkel beträgt 70° 31′ 44″.

Man bezeichnet sie als »Tetraëder« und »Gegentetraëder«, bzw. positives und negatives Tetraëder.

Die Achsen des regulären Achsenkreuzes verbinden die Mittelpunkte je zweier gegenüberliegender Kanten.

Entsprechend ihrer Ableitung vom Oktaëder bezeichnet Weiß die beiden Tetraëder mit $+\left(\frac{a:a:a}{2}\right)$, bzw. $-\left(\frac{a:a:a}{2}\right)$; Naumann mit $+\frac{O}{2}$ und $-\frac{O}{2}$. Das Graßmann-Millersche Zeichen ist: $\varkappa\{111\}$ bzw. $\varkappa\{1\bar{1}1\}$, um anzudeuten, daß parallele Flächen nicht vorhanden sind, — $\varkappa$ als Abkürzung von κλῖνος, klinos = geneigt —.

Die tetraëdrisch-hemiëdrischen Formen des Würfels, des Rhombendodekaëders und der Pyramidenwürfel stimmen gestaltlich mit den holoëdrischen überein, und man kann deshalb nicht ohne weiteres sagen, ob ein Würfel, Dodekaëder oder Pyramidenwürfel der holoëdrischen oder tetraëdrisch-hemiëdrischen Abteilung zuzurechnen ist; unter Umständen wird die Oberflächenbeschaffenheit, — z. B. Diagonalstreifung —, auf den geringeren Grad der Symmetrie hemiëdrischer Formen hinweisen; ausschlaggebend sind in solchen Fällen die Symmetrieverhältnisse der Ätzfiguren.

Die Ikositetraëder liefern in analoger Weise je zwei **Trigondodekaëder,** (d. h. Dreieckszwölfflächner), auch »Pyramidentetraëder« und »Triakistetraëder« genannt (Abb. 70, 71 und 72).

Dieselben werden von je zwölf gleichschenkligen Dreiecken umschlossen.

Wir beobachten an ihnen sechs längere (Tetraëder-)Kanten (B') und zwölf kürzere (Pyramiden-)Kanten (C'); ferner vier dreikantige (Pyramiden-)Ecken und vier dreiunddreikantige Ecken, die in ihrer Lage den Tetraëderecken entsprechen.

Die Formen schwanken zwischen Tetraëder und Würfel (vgl. die Abb. 70, 71 und 72).

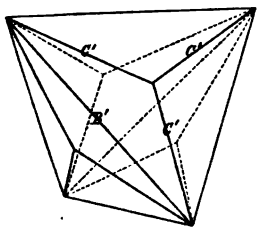


Abb. 70.

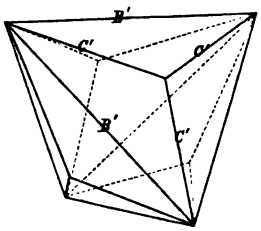


Abb. 71.

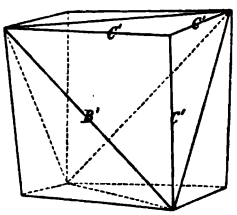


Abb. 72.

Die Achsen verbinden, wie beim Tetraëder, die Mittelpunkte je zweier gegenüberliegender, längerer (Tetraëder-) Kanten.

Das allgemeine Weißsche Zeichen ist: $+\left(\frac{a:ma:ma}{2}\right)$, bzw. $-\left(\frac{a:ma:ma}{2}\right)$, das Naumannsche: $+\frac{mOm}{2}$, bzw. $-\frac{mOm}{2}$, das Graßmann-Millersche $x\{hkk\}$ bzw. $x\{h\bar{k}k\}$.

Von den Triakisoktaëdern, (Pyramidenoktaëdern), lassen sich in entsprechender Weise je zwei **Deltoiddodekaëder**, (d. h. Deltoidzwölfflächner), ableiten (Abb. 73, 74 und 75).

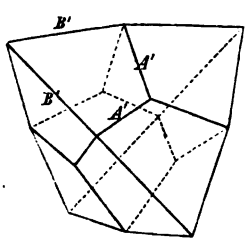


Abb. 73.

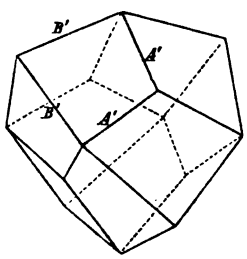


Abb. 74.

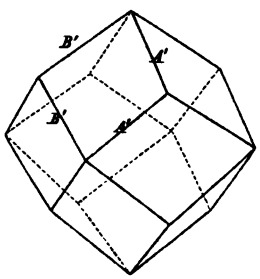


Abb. 75.

Dieselben werden von zwölf Deltoiden gebildet; infolgedessen sind zweierlei Kanten: zwölf längere, (B'), die zu zweit über den Kanten, und zwölf kürzere, (A'), die zu dritt über den Flächen des einbeschriebenen Tetraëders zu liegen kommen, und dreierlei Ecken vorhanden: vier spitzere, dreikantige (Tetraëder-)Ecken, vier stumpfere, dreikantige, — über den Flächen des einbeschriebenen Tetraëders liegend —, und sechs zweiundzweikantige Ecken.

Die Achsen verbinden je zwei gegenüberliegende dieser zweiundzweikantigen Ecken.

Die Grenzformen sind hier Tetraëder und Rhombendodekaëder (vgl. die Abb. 73, 74 und 75).

Weiß gibt ihnen das allgemeine Zeichen: $+\left(\frac{a:a:ma}{2}\right)$, bzw. $-\left(\frac{a:a:ma}{2}\right)$;

Naumann: $+\frac{mO}{2}$, bzw. $-\frac{mO}{2}$; Graßmann-Miller: $\varkappa\{hhk\}$ und $\varkappa\{h\bar{h}k\}$.

Die Hexakisoktaëder, (Achtundvierzigflächner), endlich ergeben je zwei **Hexakistetraëder,** (d. h. Sechsmalvierflächner); Vierundzwanzigflächner, welche von je 24 ungleichseitigen Dreiecken umschlossen werden (Abb. 76 und 78).

Es sind dreierlei Kanten vorhanden: zwölf mittlere, (B'), die paarweise über den Kanten des eingeschriebenen Tetraëders liegen, zwölf längere (C'),

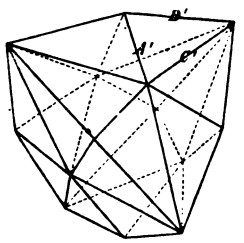


Abb. 76.

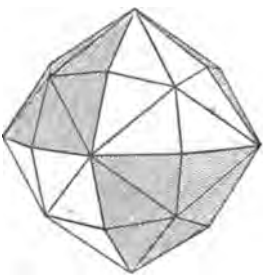


Abb. 77.

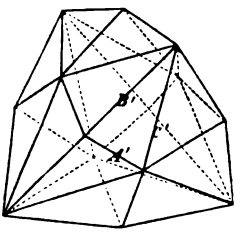


Abb. 78.

und zwölf kürzere, (A'), von denen je drei sich über den Tetraëderflächen in einer dreiunddreikantigen Ecke schneiden. Außer diesen vier stumpferen dreiunddreikantigen Ecken beobachtet man noch vier spitzere, dreiunddreikantige Ecken, die den Ecken des Tetraëders entsprechend gelegen sind, und sechs zweiundzweikantige Ecken, die sich über der Mitte der Tetraëderkanten erheben.

Die Achsen verbinden je zwei gegenüberliegende dieser zweiundzweikantigen Ecken miteinander.

Die Hexakistetraëder werden, je nach den verschiedenen Parameterverhältnissen, den drei bisher besprochenen Hemiëdern ähneln und sich in ihrem Habitus auch dem Rhombendodekaëder, dem Würfel oder den Pyramidenwürfeln nähern können.

Das allgemeine Weißsche Zeichen lautet: $+\left(\frac{a:ma:na}{2}\right)$ bzw. $-\left(\frac{a:ma:na}{2}\right)$; das Naumannsche: $+\frac{mOn}{2}$ und $-\frac{mOn}{2}$; das Graßmann-Millersche: $\varkappa\{hkl\}$ und $\varkappa\{h\bar{k}l\}$.

Combinationen.

Die Symmetrieverhältnisse bringen es mit sich, daß die tetraëdrischen Hemiëder nur untereinander Combinationen bilden können; begegnen wir an einer solchen also einem scheinbar holoëdrischen Würfel, Rhombendodekaëder oder Pyramidenwürfel, so sind diese Formen in Wirklichkeit ebenfalls der tetraëdrischen Hemiëdrie zuzurechnen, was sich z. B. mit Hilfe der Ätzfiguren näher begründen läßt.

Ein scheinbar holoëdrisches Oktaëder ist dabei als Combination zweier im Gleichgewicht ausgebildeter Tetraëder zu deuten; in gleicher Weise: ein Ikositetraëder als eine solche zweier Trigondodekaëder, ein Triakisoktaëder als die zweier Deltoiddodekaëder und ein Hexakisoktaëder als eine solche zweier Hexakistetraëder.

An den natürlichen Krystallen dieser Hemiëdrie herrscht gewöhnlich ein Tetraëder, Rhombendodekaëder oder Hexaëder vor, seltener ein Trigondodekaëder.

Nachstehend sind einige der häufigeren Combinationen abgebildet:

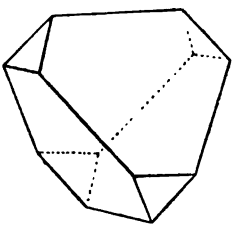


Abb. 79.

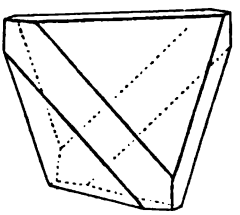


Abb. 80.

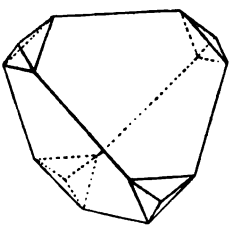


Abb. 81.

Ein Tetraëder stumpft dem Gegentetraëder die Ecken gerade ab (Abb. 79).

Durch die Würfelflächen werden die Kanten der Tetraëder abgestumpft (Abb. 80).

Das Rhombendodekaëder spitzt den Tetraëdern die Ecken von den Flächen aus zu (Abb. 81).

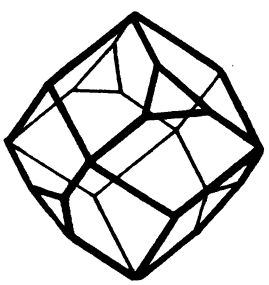


Abb. 82.

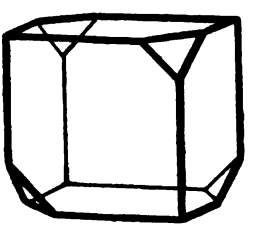


Abb. 83.

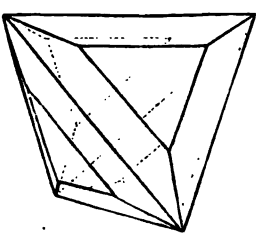


Abb. 84.

Die Tetraëder stumpfen dem Rhombendodekaëder die abwechselnden dreikantigen Ecken ab (Abb. 82); dem Würfel in ähnlicher Weise die abwechselnden Ecken (Abb. 83).

Durch ein Trigondodekaëder gleicher Stellung werden an den Tetraëdern die Kanten zugeschärft (Abb. 84).

II. Pentagondodekaëdrische Hemiëdrie.

Die Formen derselben sind nur nach den drei Hauptsymmetrieebenen symmetrisch gebaut; die sechs Nebensymmetrieebenen kommen in Fortfall.

Da an allen pentagondodekaëdrischen Halbflächnern parallele Flächen

auftreten, nennt man sie, zum Unterschied von der geneigtflächigen, tetraëdrischen auch »parallelflächige Hemiëdrie«.

Bei den Weißschen und Naumannschen Zeichen wird dieser Flächenparallelismus dadurch angedeutet, daß man die Zeichen in [ ]-Klammern setzt; bei der Graßmann-Millerschen Bezeichnungsweise durch ein vorangestelltes π, — als Abkürzung von $\pi\alpha\varrho\acute{\alpha}\lambda\lambda\eta\lambda o\varsigma$, parallelos = parallel. —

Die 24 Abteilungen, in welche der Raum durch die sechs Nebensymmetrieebenen zerlegt wird, verhalten sich nur abwechselnd gleich.

Das Oktaëder, der Würfel, das Rhombendodekaëder, die Triakisoktaëder und die Ikositetraëder der pentagondodekaëdrischen Hemiëdrie gleichen bezüglich ihrer Formen den entsprechenden Holoëdern; nur die Symmetrieverhältnisse, z. B. der Ätzfiguren, sind andere; gestaltlich neue Formen liefern nur die Pyramidenwürfel und die Hexakisoktaëder.

Denkt man sich an den Pyramidenwürfeln nur die Hälfte der Flächen, und zwar diejenigen, welche sich nur mit den Ecken berühren, zur Ausbildung gelangt, so entstehen Formen, welche von zwölf symmetrischen Fünfecken umschlossen sind; man nennt sie: **Pentagondodekaëder,** (d. h. Fünfeckszwölfflächner), (Abb. 85, 86 und 87).

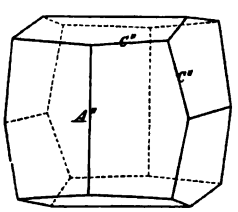


Abb. 85.

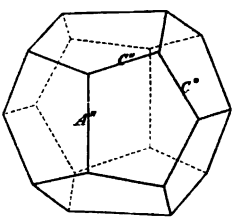


Abb. 86.

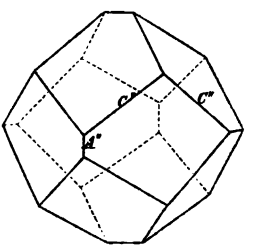


Abb. 87.

Die Fünfecke zeigen vier gleiche Seiten, während die fünfte größer oder kleiner als diese vier ist, und zwei Paare gleicher Winkel; der fünfte, unpaarige Winkel liegt der bezüglich der Größe von den übrigen abweichenden Seite gegenüber.

Dementsprechend kann man zweierlei Kanten unterscheiden: sechs paarweise in der Richtung der Achsen verlaufende, unter sich gleiche Kanten, (A''), — dieselben sind meist länger, selten kürzer als die übrigen —, und 24 meist kürzere, (C''), die zu zweit über den Kanten des einbeschriebenen Würfels liegen.

Ebenso sind zweierlei Ecken vorhanden: Acht dreikantige, den Würfelecken analog gelegene, und zwölf zweiundeinkantige Ecken, ihrer Lage nach in die drei Hauptsymmetrieebenen fallende.

Die Achsen verbinden die Halbierungspunkte je zweier gegenüberliegender der sechs Kanten, welche paarweise den drei Achsen parallel laufen.

Die Grenzformen für die Pentagondodekaëder sind Würfel und Rhombendodekaëder, (vergl. Abb. 85, 86 und 87).

Das allgemeine Weißsche Zeichen ist: $+\left[\frac{a:na:\infty a}{2}\right]$, bzw. $-\left[\frac{a:na:\infty a}{2}\right]$; das Naumannsche: $+\left[\frac{\infty On}{2}\right]$ und $-\left[\frac{\infty On}{2}\right]$; das Graßmann-Millersche: $\pi\{k\,h\,0\}$, bzw. $\pi\{h\,k\,0\}$.

Am häufigsten sind die Pentagondodekaëder: $\pm\left[\frac{a:2a:\infty a}{2}\right]$; (bei Naumann: $\pm\left[\frac{\infty O2}{2}\right]$, bei Graßmann-Miller $\pi\{210\}$ und $\pi\{120\}$); da sie besonders häufig am Pyrit vorkommen, werden sie auch »Pyritoëder« genannt.

Von den Hexakisoktaëdern leiten sich in analoger Weise Formen ab, die von 24 gleichschenkligen Trapezoiden, — selten Trapezen —, umschlossen werden.

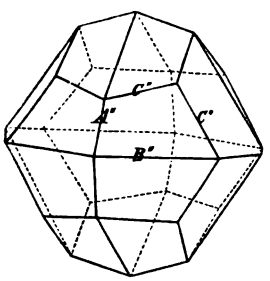


Abb. 88.

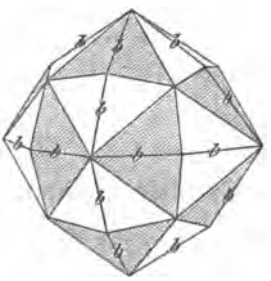


Abb. 89.

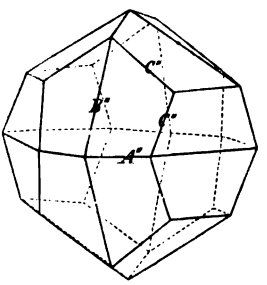


Abb. 90.

Die Form erinnert meist an ein Pentagondodekaëder, dessen Flächen durch einen symmetrisch verlaufenden Knick in zwei Hälften zerlegt erscheinen.

Man nennt diese Formen »Diploëder«, (d. h. Doppelflächner), oder **Dyakisdodekaëder,** (d. h. Zweimalzwölfflächner), Abb. 88 und 90.

Wir können daran dreierlei Kanten unterscheiden: Zwölf kürzere, (A''), über den sechs in der Richtung der Achsen verlaufenden Kanten des einbeschriebenen Pentagondodekaëders liegende; zwölf längere, (B''), zu je viert in die drei Hauptsymmetrieebenen fallend, gewissermaßen die Fortsetzung der kürzeren bildend; und 24 mittlere, (C''), den 24 Pentagondodekaëderkanten analog liegende Kanten.

Ebenso sind dreierlei Ecken vorhanden: Acht dreikantige, bezüglich der Lage den Würfelecken entsprechende, sechs zweiundzweikantige, den Oktaëderecken analoge, und zwölf zweiundeinkantige, den zweiundeinkantigen Pentagondodekaëderecken entsprechende.

Die Achsen verbinden je zwei gegenüberliegende zweiundzweikantige (Oktaëder-)Ecken.

Wie die Achtundvierzigflächner als allgemeinster Fall der Holoëdrie je nach dem Parameterverhältnis in ihrem Habitus bald dem einen, bald dem anderen der sechs übrigen einfachen Vollflächner ähnlich werden können,

so schwanken die Formen der Dyakisdodekaëder zwischen den übrigen Formen der pentagondodekaëdrischen Hemiëdrie, — die mit Ausnahme der Pentagondodekaëder ja den entsprechenden Holoëdern gestaltlich gleichen. —

Das allgemeine Weißsche Zeichen für die Dyakisdodekaëder lautet: $+\left[\frac{a:ma:na}{2}\right]$, bzw. $-\left[\frac{a:ma:na}{2}\right]$; das Naumannsche: $+\left[\frac{m\,On}{2}\right]$ und $-\left[\frac{m\,On}{2}\right]$; das Graßmann-Millersche: $\pi\{h\,l\,k\}$, bzw. $\pi\{h\,k\,l\}$.

Ist beim Weißschen und Naumannschen Symbol $m = n^2$, also z. B. $m = 4$ und $n = 2$, $(2 \times 2 = 4)$, so gehen je zwei der vierundzwanzig mittleren Kanten je einer der zwölf längeren Kanten parallel, man nennt solche Formen »parallelkantige Dyakisdodekaëder«.

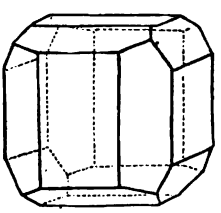
An natürlichen Krystallen kommen am häufigsten vor: $\pm\left[\frac{a:\frac{1}{2}a:3a}{2}\right]$ $\pm\left[\frac{a:2a:4a}{2}\right]$ und $\pm\left[\frac{a:\frac{1}{3}a:5a}{2}\right]$, nach Naumann: $\pm\left[\frac{3\,O\frac{3}{2}}{2}\right]$, $\pm\left[\frac{4\,O2}{2}\right]$ und $\pm\left[\frac{5\,O\frac{5}{2}}{2}\right]$; nach Graßmann-Miller: $\pi\{321\}$ und $\pi\{231\}$; $\pi\{421\}$ und $\pi\{241\}$; $\pi\{531\}$ und $\pi\{351\}$.

Combinationen.

Auch hier können, genau wie bei der tetraëdrischen Hemiëdrie, nur die Formen der pentagondodekaëdrischen Hemiëdrie untereinander Combinationen bilden; alle an solchen vorkommende scheinbar holoëdrische Formen gehören dieser Klasse von Halbflächnern an.

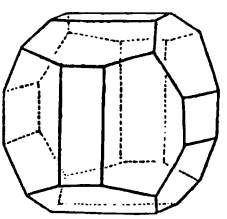
An den Krystallen der dieser Abteilung zuzurechnenden Mineralien herrscht gewöhnlich der Würfel, das Oktaëder oder ein Pentagondodekaëder vor.

Nachstehende Abbildungen veranschaulichen einige der häufigeren Combinationen.



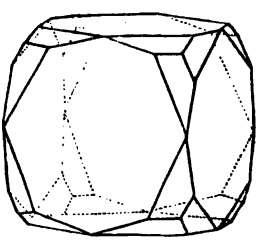
$\infty O \infty$; $+\left[\frac{\infty O\frac{3}{2}}{2}\right]$.

Abb. 91.



$+\left[\frac{\infty O2}{2}\right]$; $\infty O \infty$

Abb. 92.

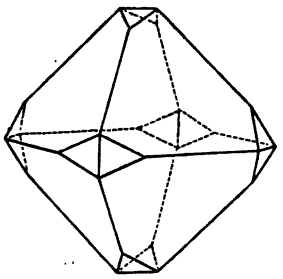


$\infty O \infty$; $+\left[\frac{4O2}{2}\right]$.

Abb. 93.

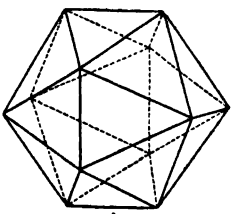
Am Würfel werden durch die Pentagondodekaëder die Kanten schief abgestumpft, (Abb. 91), im Gegensatz zur geraden Abstumpfung durch die Rhombendodekaëderflächen; der Würfel stumpft umgekehrt den Pentagondodekaëdern die sechs, paarweise in der Richtung der Achsen verlaufenden Kanten gerade ab, (Abb. 92).

Die Dyakisdodekaëder bewirken am Würfel eine unsymmetrische dreikantige Zuspitzung der acht Ecken, (Abb. 93).



$O; + \left[\frac{\infty O 2}{2}\right]$.

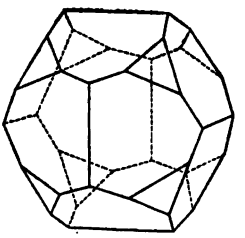
Abb. 94.



$O; + \left[\frac{\infty O 2}{2}\right]$,

oder: $+ \left[\frac{\infty O 2}{2}\right]; O$.

Abb. 95.

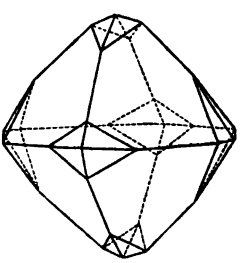


$+ \left[\frac{\infty O 2}{2}\right]; O$.

Abb. 96.

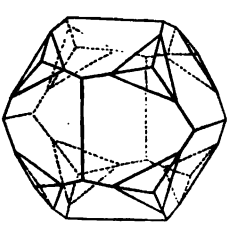
Die Pentagondodekaëder schärfen dem Oktaëder die Ecken von den Kanten aus zu, (Abb. 94); umgekehrt werden an den Pentagondodekaëdern durch die Oktaëderflächen die dreikantigen Ecken gerade abgestumpft, (Abb. 96); die Mittelkrystalle zwischen Oktaëder und den Pentagondodekaëdern, (Abb. 95), ähneln in ihrer Form dem geometrischen Ikosaëder.

Die Ecken des Oktaëders erfahren durch die Flächen der Dyakisdodekaëder eine zweiundzweikantige Zuspitzung von den Flächen aus, (Abb. 97); den Pentagondodekaëdern werden durch die Flächen gewisser Dyakisdodekaëder gleicher Stellung die acht dreikantigen Ecken von den Flächen aus zugespitzt (Abb. 98).



$O; + \left[\frac{3 O \frac{3}{2}}{2}\right]$.

Abb. 97.



$+ \left[\frac{\infty O 2}{2}\right]; + \left[\frac{3 O \frac{3}{2}}{2}\right]$.

Abb. 98.

III. Plagiëdrische Hemiëdrie

(d. h. Hemiëdrie mit seitlich gewendeten Flächen).

Die Formen derselben sind nach keiner der neun Symmetrieebenen der holoëdrischen Abteilung mehr symmetrisch.

Nur die Hexakisoktaëder liefern plagiëdrische Halbflächner, welche sich gestaltlich von den holoëdrischen Formen unterscheiden; alle übrigen sechs stimmen äußerlich mit den Vollflächnern überein; die Zugehörigkeit zur plagiëdrischen Hemiëdrie läßt sich aber auch hier, z. B. mittels der Ätzfiguren, nachweisen.

Von jedem Hexakisoktaëder leiten sich dadurch, daß nur die eine oder die andere Hälfte der Flächen, und zwar jene, welche sich nur in den Ecken berühren, zur Ausbildung gelangt, (Abb. 100), zwei neue, eigenartige Formen ab, die man **Pentagonikositetraëder,** (d. h. Fünfecksvierundzwanzigflächner), nennt, (Abb. 99 und 101).

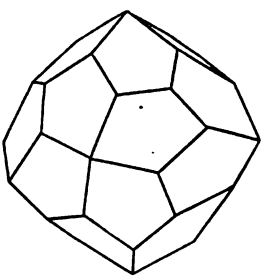


Abb. 99.

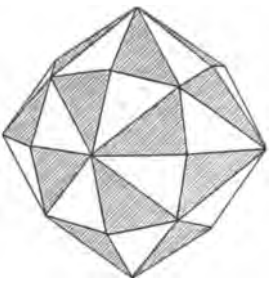


Abb. 100.

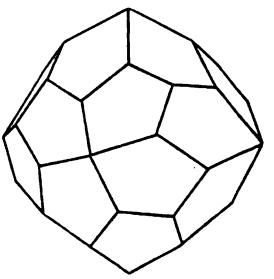


Abb. 101.

Dieselben werden von je vierundzwanzig Fünfecken umschlossen und unterscheiden sich voneinander, — entgegen den bisher betrachteten hemiëdrischen Formen —, weniger durch die Stellung als vielmehr bezüglich der Form.

Je zwei zusammengehörige Pentagonikositetraëder lassen sich nämlich in keiner Weise durch Änderung der Stellung miteinander zur Deckung bringen, obwohl sie ähnlich gebaut sind; sie verhalten sich zueinander etwa wie die rechte und die linke Hand eines Menschen.

Man nennt solche Formen *enantiomorph* (d. h. gegengestaltig). Die eine von derartigen zusammengehörigen Formen wird als »rechte«, die andere als »linke« bezeichnet, was beim Weißschen und Naumannschen Symbol durch ein dahintergestelltes r, (rechts), bzw. l, (links), angedeutet wird. Graßmann-Miller stellt vor das entsprechende holoëdrische Zeichen ein γ, (von $\gamma\upsilon\varrho\acute{o}\varsigma$, gyros = gebogen, gedreht), weil die Flächen gewissermaßen um die Achsen gegeneinander gedreht erscheinen.

Die Achsen verbinden je zwei gegenüberliegende der sechs vierkantigen Ecken.

Das allgemeine Weißsche Zeichen ist: $\left(\frac{a:ma:na}{2}\right)r$ bzw. $\left(\frac{a:ma:na}{2}\right)l$; das Naumannsche: $\frac{mOn}{2}r$ und $\frac{mOn}{2}l$; das Graßmann-Millersche: $\gamma\{hlk\}$ und $\gamma\{hkl\}$.

Tetartoëdrie.

Man versteht, wie wir bereits früher erfahren haben, unter Tetartoëdern, (d. h. Viertelflächnern), Körper, welche man sich dadurch entstanden denken kann, daß an einem Vollflächner nur der vierte Teil der vorhandenen Flächen in bestimmter, gesetzmäßiger Verteilung zur Ausbildung gelangt ist.

Man kann diese Viertelflächner aber ebensogut als Halbflächner von Halbflächnern ansehen, und wird deshalb auch zu all den möglichen Formen gelangen, wenn man eine Hemiëdrie auf die Körper der zweiten anwendet, was auch im Graßmann-Millerschen Zeichen zum Ausdruck gebracht wird.

Im vorliegenden Falle lassen sich combinieren: die tetraëdrische mit der pentagondodekaëdrischen Hemiëdrie und die tetraëdrische mit der plagiëdrischen.

In jedem Falle liefern nur die Hemiëder der flächenreichsten Vollflächner: der Achtundvierzigflächner, neue Formen, und zwar sind die sich ergebenden Viertelflächner immer **tetraëdrische Pentagondodekaëder,** (Abb. 102, 103, 104 und 105).

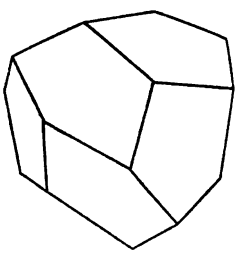


Abb. 102.

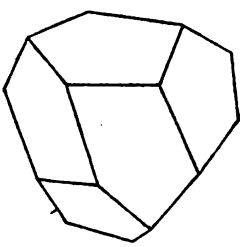


Abb. 103.

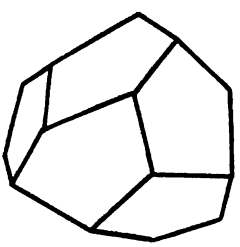


Abb. 104.

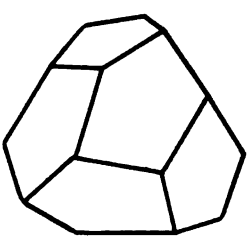


Abb. 105.

Dieselben werden von je zwölf unsymmetrischen Fünfecken umschlossen, welche zwei Paare gleicher Seiten aber lauter verschiedene Winkel besitzen. Man kann infolgedessen dreierlei Kanten unterscheiden; die Gesamtzahl der letzteren beträgt dreißig.

Die Formen sind — ähnlich wie die Pentagonikositetraëder — enantiomorph, (spiegelbildlich).

Die sechs einfacheren Vollflächner liefern keine neuen Tetartoëder, vielmehr gleichen letztere äußerlich zum Teil den Hemiëdern, zum Teil den Holoëdern der betreffenden Formen: Das Oktaëder gibt zwei Tetraëder; die Pyramidenwürfel je zwei Pentagondodekaëder; die Pyramiden-(Triakis-)Oktaëder je zwei Deltoiddodekaëder; die Ikositetraëder je zwei Trigondodekaëder; tetartoëdrische Würfel und Rhombendodekaëder gleichen den entsprechenden holoëdrischen Formen.

Das allgemeine Weißsche Zeichen für die tetraëdischen Pentagondodekaëder lautet: $\pm \left(\frac{a : ma : na}{4}\right) r$ bzw. l, das Naumannsche: $\pm \left(\frac{m\,O\,n}{4}\right) r$ bzw. l; das Graßmann-Millersche: $\varkappa\pi\{hkl\}$, bzw. $\varkappa\pi\{khl\}$, bzw. $\varkappa\pi\{h\bar{k}l\}$, bzw. $\varkappa\pi\{k\bar{h}l\}$.

II. Hexagonales System.

Holoëdrie.

Der Name rührt daher, daß die meisten Formen dieses Systems als horizontalen Querschnitt ein regelmäßiges Sechseck, ein Hexagon, zeigen.

Wie bereits früher erwähnt, ist es das einzige vierachsige System.

Die eine Achse nimmt eine bevorzugte Stellung ein; man bezeichnet sie als Hauptachse und stellt sie senkrecht.

Die übrigen drei Achsen, die Nebenachsen, sind untereinander gleichwertig: jede kann die Stelle der anderen einnehmen. Sie schneiden die Hauptachse unter rechten Winkeln, liegen also alle in der Horizontalebene, die zugleich Hauptsymmetrieebene ist.

Je zwei benachbarte Nebenachsen schließen miteinander einen Winkel von 60° ein. Man stellt sie so auf, daß eine quer am Beschauer vorbeiläuft, — in der Richtung der *b*-Achse des regulären Achsenkreuzes —; die beiden anderen gehen dann schräg von vorn links nach hinten rechts, bzw. von vorn rechts nach hinten links.

Auch hier erfolgt die Unterscheidung der beiden Hälften jeder Achse durch das positive bzw. negative Vorzeichen.

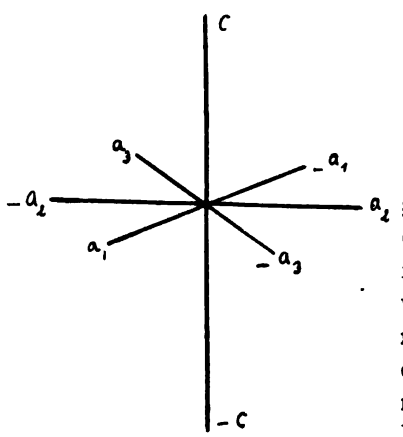


Abb. 106.

Bei der vertikalen *c*-Achse gilt, wie bei allen anderen Systemen, ebenfalls + für die obere, — für die untere Hälfte derselben.

Die in Form eines regelmäßigen, sechsstrahligen Sternes sich um die Hauptachse gruppierenden übrigen sechs Achsenhälften erhalten abwechselnd positives und negatives Vorzeichen; und zwar hat die vordere, linke Hälfte der a_1-Achse, die rechte der a_2-Achse, und die hintere linke der a_3-Achse positives Vorzeichen; negatives dagegen die hintere, rechte Hälfte der a_1-Achse, die linke der a_2-Achse, und die vordere, rechte der a_3-Achse.

Die positiven wie auch die negativen Achsenhälften bilden also je einen regelmäßigen dreistrahligen Stern, von denen jeder gegen den anderen um 60° gedreht erscheint (Abb. 106).

Die drei Nebensymmetrieebenen stehen senkrecht und verlaufen in der Richtung der drei Nebenachsen; die drei Zwischensymmetrieebenen haben gleichfalls senkrechte Stellung und liegen symmetrisch zwischen jenen; (die eine derselben läuft also in der Richtung der *a*-Achse des regulären Achsenkreuzes von vorn nach hinten). Diese sechs Symmetrieebenen durchschneiden einander in der senkrechten Hauptachse.

Der Raum wird durch alle sieben Symmetrieebenen in vierundzwanzig gleiche Teile zerlegt.

Die Bezeichnungsweise der hexagonalen Formen weicht naturgemäß von der bei den übrigen, dreiachsigen Systemen gebräuchlichen etwas ab.

Eine Fläche wird im allgemeinen alle drei Nebenachsen schneiden; die Längen dieser drei Achsenabschnitte stehen nun zueinander in einem bestimmten, gesetzmäßigen Verhältnis, wie folgende Erwägung ergibt:

Die Figur (Abb. 107) zeigt zunächst ein regelmäßiges Sechseck, $ABCDEF$, den horizontalen Querschnitt einer hexagonalen Form darstellend, bei welcher die Abschnitte auf allen drei Nebenachsen gleich groß sind, z. B. $= 1$.

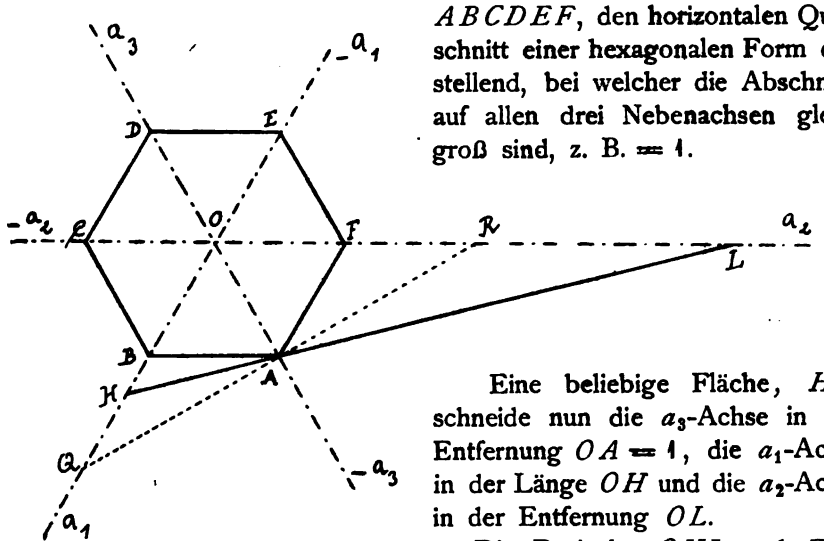


Abb. 107.

Eine beliebige Fläche, HL, schneide nun die a_3-Achse in der Entfernung $OA = 1$, die a_1-Achse in der Länge OH und die a_2-Achse in der Entfernung OL.

Die Dreiecke OHL und FAL sind ähnliche Dreiecke und es verhalten sich in denselben offenbar die Strecken OL zu OH wie FL zu FA. Ersetzt man darin OL durch s und OH durch x, — OA und OF sind ja $= 1$ —, so ist:

$$s : x = (s - 1) : 1,$$

woraus folgt:

$$x = \frac{s}{s-1}.$$

Je größer s (OL) wird, umso kleiner ist x (OH); ist $s =$ unendlich groß (∞), so wird $x = 1$, d. h. wenn zwei benachbarte Halbachsen in gleicher Entfernung geschnitten werden, läuft die betreffende Fläche der dritten Achse parallel, wie das in der Figur gezeichnete Sechseck erkennen läßt.

Ist $s = 2$, so wird $x = \frac{2}{2-1}$, also ebenfalls gleich 2, QR, (in der Figur gestrichelt).

Der größere der beiden veränderlichen Achsenabschnitte schwankt also zwischen 2 und ∞; der kleinere zwischen 1 und 2.

Aus dieser Beziehung geht hervor, daß die Angabe nur zweier Parameter nötig wäre, da sich der dritte leicht berechnen läßt; der Übersicht-

lichkeit halber werden aber bei den Weißschen und Graßmann-Millerschen Zeichen die Parameter aller drei Nebenachsen berücksichtigt.

Bei den Weißschen Zeichen wird die Gleichwertigkeit der drei Nebenachsen, bzw. die Ausnahmestellung der vertikalen Hauptachse, durch gleiche bzw. verschiedene Buchstaben angedeutet: die Parameter auf ersteren werden mit a, die auf letzterer mit c bezeichnet.

Das Symbol des dem regulären Oktaëder entsprechenden hexagonalen Zwölfflächners, der Grundpyramide oder richtiger, der hexagonalen Doppelpyramide (Bipyramide), — weil die Form aus zwei gleichen, sechsseitigen Pyramiden zusammengesetzt erscheint, die sich mit den Grundflächen berühren —, ist $(a : a : \infty a : c)$, [ja nicht etwa $(a : a : a : c)$, da dieses Zeichen zufolge der soëben erläuterten Beziehung zwischen den Nebenachsenabschnitten unmöglich ist].

Es sei hier nochmals darauf hingewiesen, daß diese Grundform nicht, — wie das Oktaëder bei allen regulär krystallisierenden Körpern —, für die verschiedenen hexagonalen Mineralien gleiche Gestalt besitzt, daß vielmehr jedes von diesen seine eigene Grunddoppelpyramide hat, die je nach der Natur des betreffenden Minerals bald spitzer, bald flacher aussehen wird.

Bei genauer Angabe der Formen einer hexagonal (oder tetragonal) krystallisierenden Substanz ist, (wie bereits früher, S. 29, erläutert), stets das Parameterverhältnis $a : c$ der Grundform zahlenmäßig aufzuführen[1]).

Naumann bezeichnet die Grunddoppelpyramide mit P; der Parameter der c-Achse wird vor das P, der eine Parameter einer Nebenachse (x oder s, vergl. S. 53; ist einer davon bekannt, so läßt sich der andere leicht berechnen) dahinter gesetzt[2]).

Das allgemeine Miller-Bravaissche Zeichen lautet: $\{hi\bar{k}l\}$, wobei h den Index für die a_1-Achse, i den der a_2-Achse, k den der a_3-Achse und l den der c-Achse bedeutet.

Auch hier besteht natürlich eine Beziehung zwischen den Größen der Indices für die Nebenachsen, die durch die Gleichung $h + i + k = 0$ ausgedrückt wird, oder, was dasselbe ist: $h + i = -k$; in Worten: Von den drei Indices der Nebenachsen muß mindestens einer negativ sein; sind zwei negativ, so muß der dritte positives Vorzeichen besitzen, wie ein Blick auf die Verteilung der positiven und negativen Vorzeichen an den sechs Halbachsen in den Figuren 106 und 107 lehrt.

---

1) Die Wahl der Grunddoppelpyramide aus der Zahl der an dem betreffenden Mineral vorkommenden Doppelpyramiden ist eine willkürliche. Man pflegt hier, wie auch in den übrigen vier Krystallsystemen, diejenige dazu auszuersehen, welche entweder besonders häufig oder in besonders großer Ausbildung an dem betreffenden Mineral zu beobachten ist, oder diejenige, nach welcher Spaltbarkeit vorhanden ist, oder schließlich die, welche für die Parameterverhältnisse der übrigen Formen die einfachsten Zahlen liefert. Spätere Angaben berücksichtigen dabei in der Regel die Wahl, die bezüglich der Grundform bei der ersten gründlichen krystallographischen Untersuchung der betreffenden Substanz getroffen wurde. —

2) Bezüglich der abweichenden Bezeichnungsweise der Skalenoëder vergleiche deren später folgende Besprechung.

Man kann sieben verschiedene Arten von holoëdrischen Formen des hexagonalen Systems unterscheiden, die wiederum in zwei Klassen zerfallen:

A. Allseitig geschlossene Formen:
1. Hexagonale Doppelpyramiden I. Art;
2. » » » II. » ;
3. Dihexagonale » » ;

B. Offene Formen:
4. Das hexagonale Prisma I. Art;
5. » » » II. » ;
6. Dihexagonale Prismen;
7. Das basische Pinakoid.

Wir begegnen hier zum ersten Male sogenannten »offenen« Formen, d. h. solchen, von denen niemals eine für sich allein, sondern nur in Combination mit anderen Formen vorkommen kann, weil sie nicht allseitig begrenzt sind.

Die hexagonalen Doppelpyramiden I. und II. Art unterscheiden sich, ebenso wie die hexagonalen Prismen I. und II. Art, nicht bezüglich der Form sondern nur durch ihre verschiedene Stellung zum Achsenkreuz voneinander.

Die **hexagonalen Doppelpyramiden** werden von zwölf gleichschenkligen Dreiecken umschlossen. Es sind zweierlei Kanten vorhanden: zwölf längere, die zu je sechs in einer oben bzw. unten liegenden sechskantigen Ecke zusammenlaufen, und sechs kürzere, welche in der gemeinsamen horizontalen Ebene der drei Nebenachsen liegen.

Man nennt die in der c-Achse liegenden Ecken auch die Pole und infolgedessen die in ihnen zusammenlaufenden Kanten die »Polkanten«, — gewöhnlich mit x oder y bezeichnet —, die sechs kürzeren horizontalen Kanten: Rand- oder Mittelkanten, — meist mit z bezeichnet —.

Die hexagonalen Doppelpyramiden besitzen zweierlei Ecken: zwei sechskantige (Pol-)Ecken und sechs zweiundzweikantige Rand- (oder Mittel)-Ecken.

Je nach der Stellung unterscheidet man:

1. Hexagonale Doppelpyramiden (Bipyramiden) **I. Art,** (I. Stellung oder I. Ordnung; Protopyramiden), (Abb. 108—110), bei denen die sechs zweiundzweikantigen Randecken in die Nebenachsen fallen; ein Doppelpyramidenflächenpaar ist also gegen den Beschauer gerichtet, und die von ersterem gebildete Randkante verläuft in der Richtung der a_2-Achse.

Das Weißsche Zeichen für die als Grundform irgend eines hexagonal krystallisierenden Körpers gewählte Doppelpyramide I. Art ist: $(a : a : \infty a : c)$ oder besser: $(a_1 : \infty a_2 : -a_3 : c)$; das Naumannsche: P, das Miller-Bravaissche: $\{10\bar{1}1\}$.

Anmerkung: Die genauere Weißsche und die Miller-Bravaissche Bezeichnungsweise gestatten auch hier die unzweideutige Angabe jeder einzelnen Fläche. —

Von dieser Grundpyramide leiten sich bei jedem hexagonalen Mineral die übrigen Doppelpyramiden I. Art ab, indem der Parameter auf der c-Achse größere oder kleinere rationale Werte als 1 annimmt, und so entweder spitzere oder stumpfere Formen entstehen.

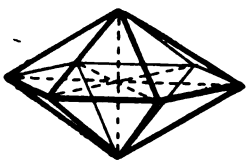


Abb. 108.

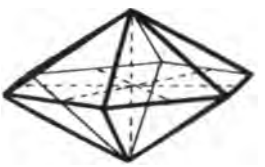


Abb. 111.

Nach Weiß haben diese abgeleiteten Doppelpyramiden 1. Art das allgemeine Zeichen: $(a : a : \infty a : mc)$ oder besser: $(a_1 : \infty a_2 : -a_3 : mc)$; nach Naumann: mP; nach Miller-Bravais: $\{h0\bar{h}l\}$, wobei $m = \frac{h}{l}$ ist; z. B. $(a : a : \infty a : \frac{1}{4}c)$, bzw. $(a_1 : \infty a_2 : -a_3 : \frac{1}{4}c)$; bei Naumann: $\frac{1}{4}P$; bei Miller-Bravais: $\{40\bar{4}1\}$; oder: $(a : a : \infty a : \frac{3}{2}c)$, bzw. $(a_1 : \infty a_2 : -a_3 : \frac{3}{2}c)$; bei Naumann: $\frac{3}{2}P$; bei Miller-Bravais: $\{20\bar{2}3\}$.

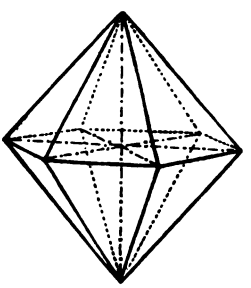


Abb. 109.

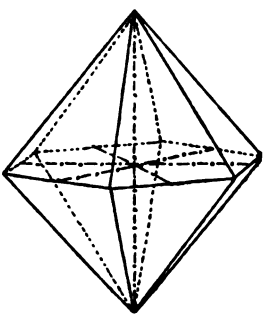


Abb. 112.

2. Hexagonale Doppelpyramiden, (Bipyramiden), **II. Art,** (II. Stellung oder II. Ordnung; Deuteropyramiden), (Abb. 111—113).

Bei denselben stehen die drei Nebenachsen senkrecht auf den horizontalen Randkanten, durchschneiden diese also in der Mitte zwischen je zwei benachbarten zwei- und zweikantigen Ecken; (die gestrichelte Linie QR in Abb. 107 veranschaulicht die Lage einer solchen Randkante bezüglich der drei Nebenachsen).

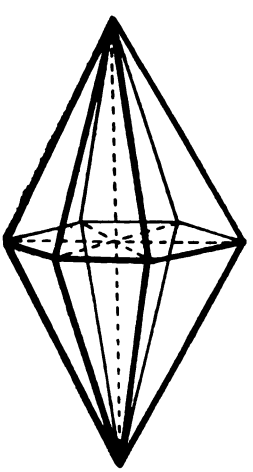


Abb. 110.

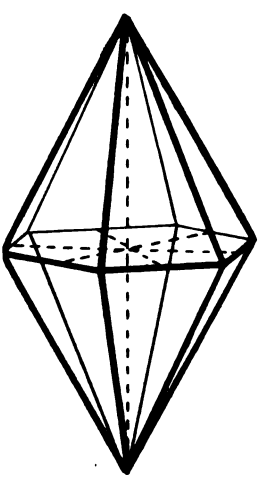


Abb. 113.

Es sind demnach zwei übereinander liegende Polkanten nach vorn gegen den Beschauer gerichtet.

Die bezüglich ihrer Gestalt der als Grundform gewählten Doppelpyramide I. Art $(a : a : \infty a : c)$ genau gleichende, dieser also entsprechende Doppelpyramide II. Art hat das Weißsche Zeichen: $(2a : a : 2a : c)$ oder

$(a : \frac{a}{2} : a : c)$, — genauer: $(2a_1 : 2a_2 : -a_3 : c)$ —; bei Naumann: $P2$; bei Miller-Bravais: $\{11\bar{2}1\}$.

In derselben Weise wie von der Grunddoppelpyramide I. Art sich spitzere und stumpfere Doppelpyramiden I. Art ableiten, leiten sich von dieser Doppelpyramide II. Art spitzere und stumpfere Doppelpyramiden II. Stellung ab, indem der Parameter auf der c-Achse größer oder kleiner als 1 wird.

Das allgemeine Weißsche Zeichen für diese abgeleiteten Doppelpyramiden II. Art lautet: $(2a : a : 2a : mc)$, — genauer: $(2a_1 : 2a_2 : -a_3 : mc)$ —, das Naumannsche $mP2$; das Miller-Bravaissche: $\{h\,h\,\bar{2h}\,l\}$, wobei $m = \frac{2h}{l}$ ist.

Z. B. $(2a : a : 2a : 3c)$ oder $(2a_1 : 2a_2 : -a_3 : 3c)$, bei Naumann: $3P2$, bei Miller-Bravais: $\{33\bar{6}2\}$; oder: $(2a : a : 2a : \frac{1}{3}c)$ bzw. $(2a_1 : 2a_2 : -a_3 : \frac{1}{3}c)$; bei Naumann: $\frac{1}{3}P2$; bei Miller-Bravais: $\{22\bar{4}3\}$.

Jede hexagonale Doppelpyramide II. Art stumpft einer entsprechenden Doppelpyramide I. Art die Polkanten gerade ab, und umgekehrt.

3. Die dihexagonalen Doppelpyramiden (Bipyramiden) werden von 24 ungleichseitigen Dreiecken gebildet (Abb. 114).

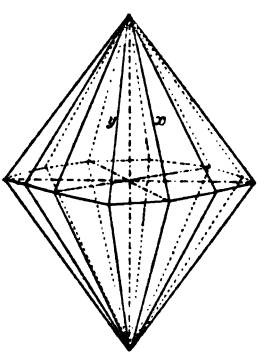


Abb. 114.

Ihre in der Ebene der drei Nebenachsen liegenden zwölf Randkanten bilden »Dihexagone«, Zweimalsechsecke, d. h. Zwölfecke mit gleichen Seiten aber zweierlei Winkeln, die ringsum abwechselnd verteilt sind.

Es sind dreierlei Kanten vorhanden: zwölf längere, schärfere und zwölf kürzere, stumpfere Polkanten, von denen je sechs oben und unten in einer sechsundsechskantigen Polecke zusammenlaufen. Die zwölf Mittel- (oder Rand-) Kanten sind untereinander gleich.

Außer den beiden sechsundsechskantigen Polecken sind noch sechs spitzere und sechs stumpfere zweiundzweikantige Randecken — von je zwei längeren, schärferen bzw. kürzeren, stumpferen Polkanten und zwei Mittelkanten gebildet — vorhanden, die ringsherum abwechselnd verteilt sind.

Dihexagonale Doppelpyramiden sind bisher immer nur in Combination mit anderen Formen, nie für sich allein beobachtet worden.

Jede Fläche einer dihexagonalen Doppelpyramide wird alle drei Nebenachsen schneiden.

Die auf S. 53 erläuterte Beziehung zwischen den drei Parametern wird also hier Anwendung finden müssen. Wenn a den kleinsten, gleich 1 gesetzten, der drei Parameter bedeutet und sa den größten, so ist der mittlere: $\frac{s}{s-1}a$.

Das allgemeine Weißsche Zeichen für dihexagonale Doppelpyramiden wird also lauten: $(sa : a : \frac{s}{s-1}a : mc)$, richtiger: $\left(\frac{s}{s-1}a_1 : sa_2 : -a_3 : mc\right)$, worin s immer größer als 2 sein muß, $\frac{s}{s-1}$ dagegen nur zwischen 1 und 2 schwanken kann.

Wird $s = 2$, so ist $\frac{s}{s-1} = \frac{2}{2-1}$, also ebenfalls $= 2$; die resultierende Form ist demnach eine hexagonale Bipyramide II. Art; wird dagegen $s = 1$, so ist $\frac{s}{s-1} = \infty$, d. h. es entsteht eine hexagonale Doppelpyramide I. Art.

m kann alle rationalen Werte zwischen 0 und ∞ annehmen; je nachdem die dihexagonalen Bipyramiden stumpfere oder spitzere Formen zeigen.

Beim Naumannschen allgemeinen Zeichen: mPn entspricht n dem Werte: $\frac{s}{s-1}a$. Das allgemeine Miller-Bravaissche Zeichen für dihexagonale Doppelpyramiden schließlich lautet: $\{hi\bar{k}l\}$, worin $\frac{k}{l} = m$ und $\frac{k}{h} = n$ ist.

Z. B. $(3a : a : \frac{3}{2}a : 3c)$, richtiger: $(\frac{3}{2}a_1 : 3a_2 : -a_3 : 3c)$, wird bei Naumann: $3P\frac{3}{2}$, bei Miller-Bravais: $\{21\bar{3}1\}$; oder $(4a : a : \frac{4}{3}a : 8c)$ bzw. $(\frac{4}{3}a_1 : 4a_2 : -a_3 : 8c)$, bei Naumann: $8P\frac{4}{3}$, bei Miller-Bravais: $\{62\bar{8}1\}$.

Ist $m = 1$, so leiten sich die betreffenden Doppelpyramiden von der als Grundform gewählten ab; das allgemeine Weißsche Zeichen lautet dann: $(sa : a : \frac{s}{s-1}a : c)$, bzw. $\left(\frac{s}{s-1}a_1 : sa_2 : -a_3 : c\right)$; bei Naumann: Pn; bei Miller-Bravais: $\{hi\bar{k}l\}$; z. B. $(3a : a : \frac{3}{2}a : c)$, richtiger: $(\frac{3}{2}a_1 : 3a_2 : -a_3 : c)$, bei Naumann: $P\frac{3}{2}$, bei Miller-Bravais: $\{21\bar{3}3\}$.

Damit sind die allseitig geschlossenen, einfachen holoëdrischen Formen des hexagonalen Systems erschöpft.

Die nun folgenden **hexagonalen Prismen** oder Säulen werden von drei Parallelflächenpaaren gebildet und verlaufen in der Richtung der Hauptachse.

Der horizontale Querschnitt der Formen stellt ein regelmäßiges Sechseck, mit Winkeln von 120°, dar.

Derartige Prismen können für sich allein niemals vorkommen, da sie gewissermaßen einen unendlich langen vertikalen Schlauch oder Kanal bilden, dessen horizontaler Querschnitt ein regelmäßiges Sechseck ist.

Wie bei den hexagonalen Doppelpyramiden unterscheidet man auch hier, je nach der Stellung, zwei Formen:

4. Das hexagonale Prisma I. Art, (Protoprisma), (Abb. 115) wird, den Doppelpyramiden I. Art entsprechend, so gestellt, daß die drei Nebenachsen je zwei gegenüberliegende Kanten rechtwinklig schneiden, bzw. miteinander verbinden; eine Fläche ist also dem Beschauer zugewandt. Die c-Achse wird im Unendlichen, d. h. gar nicht, geschnitten.

Das Weißsche Zeichen ist demnach: $(a:a:\infty a:\infty c)$, oder besser: $(a_1:\infty a_2:-a_3:\infty c)$; das Naumannsche: ∞P; das Miller-Bravaissche: $\{10\bar{1}0\}$. Die Prismen lassen sich, wie jedes unendlich lange Gebilde, auch in der Zeichnung nicht allein darstellen; man combiniert sie zu diesem Zwecke meist mit den Flächen des basischen Pinakoids oder bringt nur einen kleinen Ausschnitt des Ganzen zur Darstellung.

5. Das hexagonale Prisma II. Art, (Deuteroprisma), (Abb. 116) entspricht bezüglich seiner Stellung den Doppelpyramiden II. Art; es wendet dem Beschauer eine Kante zu; die Nebenachsen stehen auf seinen Flächen senkrecht; die Parameter auf den Nebenachsen sind dieselben wie bei den Doppelpyramiden II. Art.

Das Weißsche Zeichen lautet also: $(2a:a:2a:\infty c)$, genauer: $(2a_1:2a_2:-a_3:\infty c)$; das Naumannsche: $\infty P2$; das Miller-Bravaissche: $\{11\bar{2}0\}$.

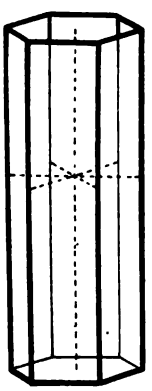


Abb. 115.

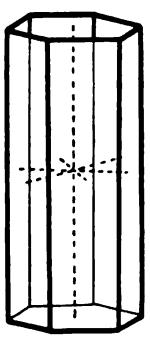


Abb. 116.

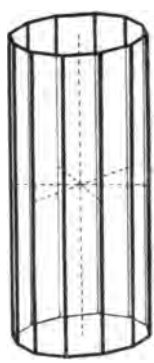


Abb. 117.

Das hexagonale Prisma zweiter Art stumpft demjenigen erster Art die Kanten gerade ab, und umgekehrt.

6. Die dihexagonalen Prismen werden von je zwölf in der Richtung der Hauptachse verlaufenden Flächen umschlossen, von denen je zwei gegenüberliegende einander parallel sind, (Abb. 117).

Der horizontale Querschnitt ist, wie bei den dihexagonalen Doppelpyramiden, ein Zwölfeck mit gleichen Seiten aber zweierlei ringsum abwechselnd verteilten Winkeln.

Demgemäß sind auch zweierlei Kanten vorhanden; sechs schärfere, zu je zwei in eine Nebensymmetrieebene fallende, und sechs stumpfere, in gleicher Weise mit den Zwischensymmetrieebenen zusammenfallende. Die Nebenachsen verbinden je zwei gegenüberliegende schärfere Kanten.

Von jeder dihexagonalen Doppelpyramide kann man ein dihexagonales Prisma herleiten, indem man den Abschnitt auf der c-Achse unendlich groß werden läßt.

Dementsprechend ist das allgemeine Weißsche Zeichen: $\left(sa:a:\frac{s}{s-1}a:\infty c\right)$, oder richtiger: $\left(\frac{s}{s-1}a_1:sa_2:-a_3:\infty c\right)$, wobei s größer als 2 sein muß, $\frac{s}{s-1}$ Werte zwischen 1 und 2 annehmen kann.

Die Grenzformen sind hier die beiden hexagonalen Prismen 1. und 2. Art.

Das Naumannsche allgemeine Symbol für die dihexagonalen Prismen ist: ∞Pn, wobei n zwischen 1 und 2 schwankt.

Das Miller-Bravaissche allgemeine Zeichen ist: $\{hi\bar{k}0\}$, worin $\frac{k}{h} = n$ ist.

Z. B.: $(5a : a : \frac{5}{4}a : \infty c)$, richtiger: $(\frac{5}{4}a_1 : 5a_2 : -a_3 : \infty c)$ wird bei Nau- $\infty P\frac{5}{4}$, bei Miller-Bravais: $\{11\bar{2}0\}$.

7. Das basische Pinakoid (πίναξ, pinax = Brett, Tafel, und εἶδος eidos = Gestalt, Form), auch Geradendfläche, Basis, genannt, besteht aus nur zwei einander parallelen Flächen, (Abb. 118). Die Form ist also noch weniger geschlossen als die vorhergehenden Prismen, und kann, wie diese, ebenfalls nur in Combination mit anderen Formen auftreten.

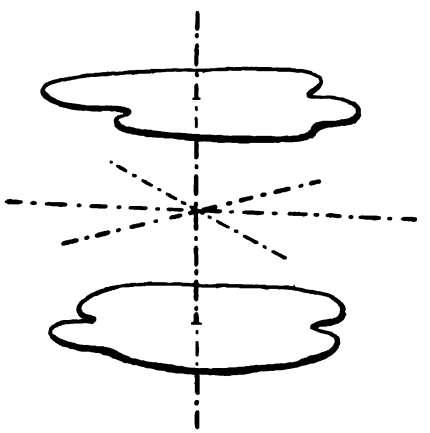


Abb. 118.

Die beiden Flächen des basischen Pinakoids sind der Hauptsymmetrieebene parallel; die Nebenachsen werden also im Unendlichen, d. h. gar nicht, geschnitten.

Das Weißsche Zeichen ist deshalb: $(\infty a : \infty a : \infty a : c)$, genauer: $(\infty a_1 : \infty a_2 : -\infty a_3 : c)$; das Naumannsche: $0P$; das Miller-Bravaissche: $\{0001\}$.

Wie bei den holoëdrischen Formen des regulären Systems so lassen sich auch hier die Beziehungen zwischen den soëben betrachteten sieben Grundformen durch ein Schema in übersichtlicher Weise veranschaulichen; (Abb. 119).

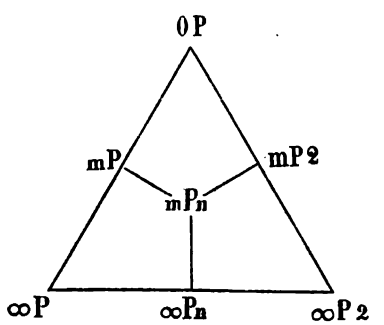


Abb. 119.

An den Ecken des gleichseitigen Dreiecks stehen als Grenzformen: das basische Pinakoid, $(0P)$, das hexagonale Prisma I. Art, (∞P), und das hexagonale Prisma II. Art, $(\infty P2)$. Zwischen basischem Pinakoid und hexagonalem Prisma I. Art liegt die ganze Reihe der möglichen hexagonalen Doppelpyramiden I. Art (mP); zwischen basischem Pinakoid und hexagonalem Prisma II. Art alle hexagonalen Doppelpyramiden II. Art $(mP2)$, und zwischen Prisma I. und II. Art alle dihexagonalen Prismen (∞Pn). Den Mittelraum schließlich nehmen — wie im regulären System — die allgemeinsten Formen, die dihexagonalen Doppelpyramiden (mPn) ein, als deren Spezialfälle man alle übrigen sechs Formen ansehen kann.

Combinationen.

Im nachfolgenden mögen einige der wichtigsten Combinationen der hexagonalen Holoëder Platz finden.

Nebenbei sei bemerkt, daß nur relativ wenige Mineralien hexagonal holoëdrisch krystallisieren; die meisten gehören den hemiëdrischen und tetartoëdrischen Abteilungen an, auch wenn sie äußerlich holoëdrischen Habitus zeigen (wie z. B. Quarz und Apatit).

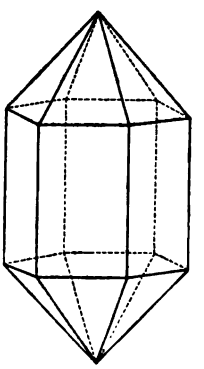
An den hexagonal holoëdrischen Combinationen herrscht gewöhnlich das Prisma I. oder II. Art oder das basische Pinakoid vor; in den beiden ersten Fällen entstehen säulenförmige, in letzterem tafelförmige Gestalten.

Als untergeordnete Formen treten oft noch die hexagonalen Doppelpyramiden I. und II. Art, (P und $2P2$), auf.

∞P; oP; $\infty P2$.
Abb. 120.

oP; ∞P.
Abb. 121.

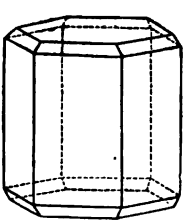
oP; P.
Abb. 122.



∞P; P.
Abb. 123.

Die Flächen des Prismas II. Art stumpfen dem Prisma I. Art die Kanten gerade ab (Abb. 120) und umgekehrt; sodaß, wenn beide Formen gleich groß ausgebildet sind, als Mittelform ein regelmäßiges, zwölfseitiges Prisma resultiert. (Man hüte sich, dasselbe als ein dihexagonales Prisma zu deuten; diese können niemals zwölf gleiche Kantenwinkel besitzen, sondern immer zwei Abteilungen von nur je sechs untereinander gleichen).

An den nach dem basischen Pinakoid tafelig ausgebildeten Krystallen treten als Randflächen entweder sechs Flächen des hexagonalen Prismas I. oder II. Art, ∞P (Abb. 121), bzw. $\infty P2$, oder sechs Flächenpaare der hexagonalen Doppelpyramide P bzw. $2P2$ auf, (Abb. 122).



∞P; oP; P.
Abb. 124.

Auch Combinationen der hexagonalen Prismen ∞P bzw. $\infty P2$ mit hexagonalen Doppelpyramiden, z. B. P bzw. $2P2$, (Abb. 123), oft noch mit dem basischen Pinakoid, $0P$ (Abb. 124), kommen vor.

Die Doppelpyramiden stumpfen dabei die Combinationskanten zwischen den Prismen und dem basischen Pinakoid ab. Bisweilen begegnet man auch gerade abgestumpften Combinationsecken der Formen P und ∞P (Abb. 125); diese gehören dann der hexagonalen Doppelpyramide II. Art, $2P2$, an. Abb. 125 zeigt diese Combination noch mit dem basischen Pinakoid, $0P$.

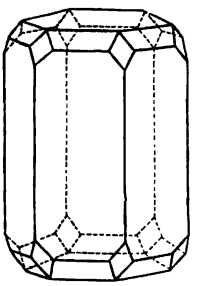


Abb. 125.

Ganz im allgemeinen liegen bei Combinationen von Pyramiden und Prismen, wenn Formen der gleichen Art vorkommen, die Flächen der einen Form über bzw. unter denen der anderen; dagegen, wenn Formen verschiedener Art (oder Stellung) miteinander combiniert sind, die Flächen der einen Form über bzw. unter den Kanten der anderen.

Die Teilflächner des hexagonalen Systems.

Ebenso wie im regulären System begegnet man bei hexagonal krystallisierenden Mineralien oft Formen, welche schon auf den ersten Blick in ihrem Bau einen geringeren Grad von Symmetrie zeigen als die bisher betrachteten Vollflächner; bisweilen ist dieser Unterschied allerdings kaum augenfällig, und es deutet dann höchstens die Oberflächenbeschaffenheit der Krystallflächen bzw. die geringere Symmetrie der Ätzfiguren denselben an.

Im hexagonalen System sind folgende fünf Fälle von Hemiëdrie möglich:

1. Es fällt die horizontale Hauptsymmetrieebene weg; die übrigen sechs Symmetrieebenen bleiben bestehen.

Man man hat dieser Art der Hemiëdrie einen besonderen Namen gegeben, weil die Formen derselben eine Sonderstellung einnehmen: Hemimorphie, d. h. Halbgestaltung; wir wollen sie, wie meist üblich, am Schlusse betrachten.

2. Es fallen die drei Nebensymmetrieebenen und die Hauptsymmetrieebene weg; die Formen sind nur noch nach den drei Zwischensymmetrieebenen symmetrisch: Rhomboëdrische Hemiëdrie.

3. Es bleibt die Hauptsymmetrieebene bestehen, während alle übrigen sechs Symmetrieebenen in Wegfall kommen: Pyramidale Hemiëdrie.

4. Es fallen alle sieben Symmetrieebenen weg: Trapezoëdrische Hemiëdrie.

5. Die beiden Hälften jeder Nebenachse werden ungleichwertig dergestalt, daß allemal je drei um 120° auseinanderliegende (in Abb. 106 mit gleichen Vorzeichen versehene) Halbachsen gleiche Wertigkeit haben; es herrscht also gewissermaßen Hemimorphie nach den drei Nebenachsen; die Hauptsymmetrieebene bleibt bestehen: Trigonotype oder ditrigonale Hemiëdrie.

Da Vertreter für diese letzte Klasse noch nicht gefunden wurden, unterbleibt die nähere Besprechung ihrer Formen.

Die trapezoëdrische Hemiëdrie hat man bisher nur an künstlichen Krystallen, nicht an Mineralien, beobachtet.

I. Rhomboëdrische Hemiëdrie.

Die Formen derselben sind also nur noch nach den drei Zwischensymmetrieebenen symmetrisch.

Die rhomboëdrische Hemiëdrie ist von besonderer Wichtigkeit, weil eine sehr große Zahl hexagonal krystallisierender Mineralien dieser Abteilung angehört, z. B. Arsen, Antimon, Wismut, Eis, Korund, Eisenglanz, Kalkspat, Magnesit, Eisenspat, Manganspat, Zinkspat, usw.

Nur die Doppelpyramiden I. Art und die dihexagonalen Doppelpyramiden liefern gestaltlich neue Formen. Die rhomboëdrischen Halbflächner aller übrigen fünf Holoëderarten gleichen äußerlich den letzteren; die Ätzfiguren würden aber auch hier den geringeren Grad von Symmetrie erkennen lassen.

1. Wenn an den Doppelpyramiden I. Art nur die eine oder andere Hälfte der abwechselnden Flächen, d. h. nur jene, welche sich in den Ecken berühren, zur Ausbildung gelangt, (Abb. 127), so entstehen Formen, welche von sechs gleichen Rhomben umschlossen werden (Abb. 126 und 128). Man nennt sie deshalb **Rhomboëder,** (d. h. Rhombenflächner).

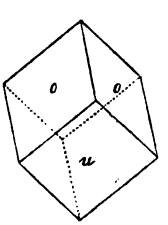


Abb. 126.

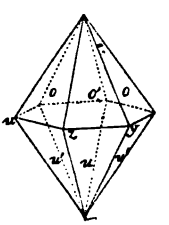


Abb. 127.

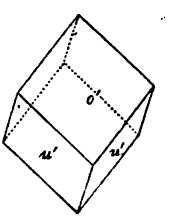


Abb. 128.

Es sind zweierlei Kanten vorhanden: sechs Polkanten, die zu je drei oben und unten eine dreikantige Ecke bilden, und sechs Randkanten, die zum Unterschied von den Randkanten der hexagonalen Doppelpyramiden nicht in die Ebene der Nebenachsen fallen, sondern im Zickzack auf- und absteigen.

Alle zwölf Kanten sind gleich lang, die Kantenwinkel der Polkanten sind jedoch andere als diejenigen der Randkanten; beide ergänzen sich zu 180°.

Ebenso kann man zweierlei Ecken unterscheiden: zwei dreikantige Polecken und sechs zweiundeinkantige Randecken.

Die drei Nebenachsen verbinden die Halbierungspunkte je zweier gegenüberliegender Randkanten.

Man nennt alle in dieser Weise zu den Nebenachsen liegende, hierher gehörige Rhomboëder solche »erster Art«, zum Unterschiede von den äußerlich gleichgestalteten, aber zu den Viertelflächnern gehörenden Rhomboëdern »zweiter« und »dritter Art«.

Je nach der relativen Größe des Parameters auf der c-Achse werden die Rhomboëder bald spitzere bald stumpfere Formen (Polecken) aufweisen (Abb. 129 bis 131).

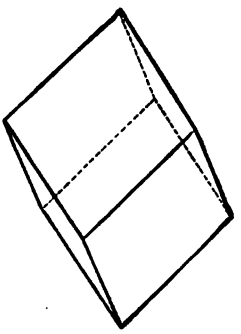


Abb. 129.

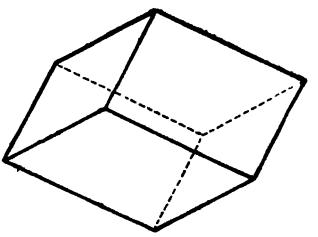


Abb. 130.

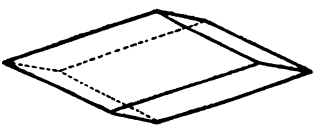


Abb. 131.

Jede der hexagonalen Doppelpyramiden I. Art liefert zwei gestaltlich gleiche Rhomboëder, die sich nur bezüglich der Stellung voneinander unterscheiden: sie erscheinen in der c-Achse um 60° gegeneinander gedreht; die Flächen des einen liegen dort, wo sich beim anderen die Kanten befinden, und man bezeichnet zwei zusammengehörige als »positives« bzw. »negatives« Rhomboëder.

Das allgemeine Weißsche Zeichen ist demnach: $\pm\left(\frac{a:a:\infty a:mc}{2}\right)$, richtiger: $\pm\left(\frac{a_1:\infty a_2:-a_3:mc}{2}\right)$; bzw. $\pm\left(\frac{a:a:\infty a:c}{2}\right)$, besser: $\pm\left(\frac{a_1:\infty a_2:-a_3:c}{2}\right)$ für die von der als Grunddoppelpyramide für ein bestimmtes Mineral gewählten Form sich ableitenden beiden »Grundrhomboëder«.

Naumann benutzt für die Rhomboëder nicht das entsprechende Zeichen $\pm\frac{mP}{2}$ bzw. $\pm\frac{P}{2}$, sondern wählt für dieselben ein besonderes Symbol: $\pm\boldsymbol{R}$ für die von P, $+\boldsymbol{mR}$ für die von den Doppelpyramiden mP sich ableitenden Rhomboëder.

Bei jedem hexagonal rhomboëdrisch krystallisierenden Mineral wird von den vorkommenden Rhomboëdern ein bestimmtes als Grundrhomboëder R, ausgewählt, (oft dasjenige, nach dem gleichzeitig Spaltbarkeit vorhanden ist).

Alle mit diesem in gleicher Stellung befindlichen Rhomboëder mR erhalten ebenfalls positives Vorzeichen, alle um 60° dagegen gewendeten negatives.

Für jedes Hauptrhomboëder, $+R$, existiert ein anderes, negatives, welches die Polkanten des ersteren gerade abstumpft; dieses negative Rhomboëder besitzt, bei mit R übereinstimmenden Parametern der Nebenachsen einen nur halb so langen c-Achsenabschnitt als dieses; (oder, was dasselbe ist: bei gleicher Länge des c-Achsenabschnitts doppelt so große Parameter auf den Nebenachsen); es erhält deshalb das Zeichen $-\frac{1}{2}$R.

Für dieses negative Rhomboëder $-\frac{1}{2}R$ gibt es wiederum ein positives Rhomboëder, welches ihm die Polkanten gerade abstumpft; der c-Achsenabschnitt hat hier bloß ein Viertel der Länge des Parameters von $+R$; diese Form bekommt deshalb das Zeichen $+\frac{1}{4}R$; $-\frac{1}{8}R$ wird wieder die Polkanten von $+\frac{1}{4}R$, $+\frac{1}{16}R$ die von $-\frac{1}{8}R$ gerade abstumpfen, usw.

In ähnlicher Weise läßt sich von der Grundform $+R$ eine Reihe spitzerer Rhomboëder, — also mit längerem Abschnitt auf der c-Achse —, ableiten, von denen jedes die Polkanten des folgenden gerade abstumpft; also: $+R$, $-2R$, $+4R$, $-8R$, $+16R$, $-32R$, usw.

Alle diese Rhomboëder bilden eine Reihe, deren Endglieder das basische Pinakoid, $0R$, bzw. das hexagonale Prisma I. Art, ∞R, sind: $0R$, ... $+\frac{1}{64}R$, $-\frac{1}{32}R$, $+\frac{1}{16}R$, $-\frac{1}{8}R$, $+\frac{1}{4}R$, $-\frac{1}{2}R$, R, $-2R$, $+4R$, $-8R$, $+16R$, $-32R$, $+64R$, $-128R$, ... ∞R.

Das allgemeine Miller-Bravaissche Zeichen für die positiven Rhomboëder ist: $\varrho\{h0\bar{h}l\}$, dasjenige für die negativen: $\varrho\{0h\bar{h}l\}$[1]).

Ganz im allgemeinen werden dem Rhomboëder $\varrho\{h0\bar{h}l\}$ von dem Rhomboëder $\varrho\{0h\bar{h}\,2l\}$ die Polkanten gerade abgestumpft.

$+\left(\frac{a:a:\infty a:c}{2}\right)$, genauer: $+\left(\frac{a_1:\infty a_2:-a_3:c}{2}\right)$ bei Weiß, wird bei Naumann: $+R$, bei Miller-Bravais: $\varrho\{10\bar{1}1\}$;

$-\left(\frac{a:a:\infty a:c}{2}\right)$, besser: $-\left(\frac{a_1:\infty a_2:-a_3:c}{2}\right)$, wird bei Naumann: $-R$, bei Miller-Bravais: $\varrho\{01\bar{1}1\}$.

$-\left(\frac{a:a:\infty a:\frac{1}{2}c}{2}\right)$, besser $-\left(\frac{a_1:\infty a_2:-a_3:\frac{1}{2}c}{2}\right)$ bei Weiß, wird bei Naumann: $-\frac{1}{2}R$; bei Miller-Bravais: $\varrho\{01\bar{1}2\}$.

$-\left(\frac{a:a:\infty a:2c}{2}\right)$, genauer: $-\left(\frac{a_1:\infty a_2:-a_3:2c}{2}\right)$ ist bei Naumann: $-2R$; bei Miller-Bravais: $\varrho\{02\bar{2}1\}$.

2. Wenn an den dihexagonalen Doppelpyramiden in gleicher Verteilung, wie vorher bei der Ableitung der Rhomboëder erläutert[2]), nur die eine oder andere Hälfte der 24 Flächen zur Ausbildung gelangt (Abb. 133), so entstehen Zwölfflächner, welche man **Skalenoëder** (σκαληνός, skalenos, uneben, ungleichseitig), nennt, weil die Rand- oder Mittelkanten nicht in einer Ebene liegen, wie bei den entsprechenden Vollflächnern, sondern zickzackförmig auf- und absteigen (Abb. 132 und 134).

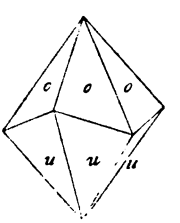


Abb. 132.

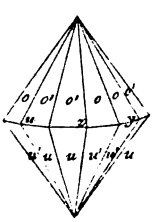


Abb. 133.

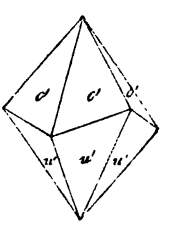


Abb. 134.

1) Manche Autoren setzen an Stelle des ϱ auch ein x vor die Klammer.

2) An Stelle jeder hexagonalen Doppelpyramidenfläche tritt hier natürlich ein Flächenpaar, das nach einer Zwischensymmetrieebene symmetrisch ist.

Dieselben werden von zwölf ungleichseitigen Dreiecken umschlossen.

Es sind dreierlei Kanten vorhanden: Sechs längere, stumpfere und sechs kürzere, schärfere Polkanten, von denen je drei oben und unten in einer dreiunddreikantigen Polecke zusammenlaufen, und sechs gleiche Randkanten.

Eine schärfere, obere Polkante liegt immer über einer stumpferen unteren, und umgekehrt.

Außer den beiden dreiunddreikantigen Polecken sind noch sechs zweiundzweikantige Randecken zu beobachten.

Die Nebenachsen verbinden, wie bei den Rhomboëdern, die Mittelpunkte je zweier gegenüberliegender Randkanten.

Je nachdem eine dihexagonale Doppelpyramide spitzere oder stumpfere Formen zeigt, werden auch die beiden sich von ihr ableitenden Skalenoëder spitzere oder stumpfere Polecken haben (Abb. 135 und 136). Man bezeichnet diejenigen Skalenoëder als »positive«, deren stumpfere Polkanten über den Flächen der positiven Rhomboëder liegen, und diejenigen als »negative«, welche über den Flächen der positiven Rhomboëder schärfere Polkanten besitzen.

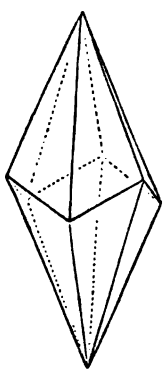


Abb. 135.

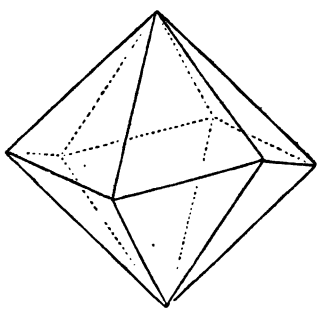


Abb. 136.

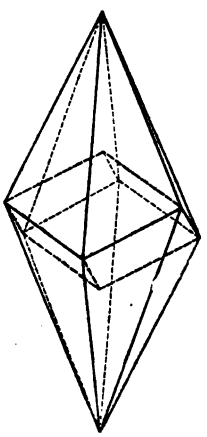


Abb. 137.

Bemerkenswert ist die wichtige Tatsache, daß man in jedes Skalenoëder nur ein einziges Rhomboëder einbeschreiben kann, dessen Randkanten genau dieselbe Lage haben wie diejenigen des Skalenoëders (Abb. 137). Andererseits gibt es zu jedem Rhomboëder eine unendliche Reihe von Skalenoëdern, deren Randkanten gleiche Lage wie die des Rhomboëders zeigen. Die schärferen Polkanten des Skalenoëders liegen dabei immer über den Polkanten des einbeschriebenen Rhomboëders. Der c-Achsenparameter des Skalenoëders ist ein Vielfaches des c-Achsenabschnittes des einbeschriebenen Rhomboëders.

Das allgemeine Weißsche Zeichen für die Skalenoëder lautet:

$$\pm\left(\frac{sa:a:\frac{s}{s-1}a:mc}{2}\right), \text{ richtiger: } \pm\left(\frac{\frac{s}{s-1}a_1:sa_2:-a_3:mc}{2}\right),$$

wobei s ebenfalls immer größer als 2 sein muß, $\frac{s}{s-1}$ dagegen nur Werte zwischen 1 und 2 annehmen kann.

Das entsprechende allgemeine Naumannsche Zeichen müßte eigentlich: $\pm \frac{mPn}{2}$ lauten.

Aus Zweckmäßigkeitsgründen leitete Naumann jedoch die Bezeichnungen aller Formen der rhomboëdrischen Hemiëdrie von dem Symbol für das Grundrhomboëder: R ab, bzw. von dem allgemeineren: mR, so auch die der Skalenoëder.

Bei diesen findet das Zeichen des jedesmaligen einbeschriebenen Rhomboëders Verwendung; das allgemeine Zeichen für die Skalenoëder ist: $\pm mRn$, wobei n ausdrückt, wievielmal größer der c-Achsenparameter des Skalenoëders ist als der c-Achsenabschnitt des einbeschriebenen Rhomboëders. n bezieht sich hier also nicht auf die Nebenachsen (wie bei den Naumannschen Symbolen mit P), sondern ebenfalls auf die c-Achse!

Das Miller-Bravaissche Zeichen für die positiven Skalenoëder ist: $\varrho\{hi\bar{k}l\}$, dasjenige der negativen: $\varrho\{ih\bar{k}l\}$, wobei h größer als i ist[1]).

Z. B. wird das Weißsche Zeichen: $+\left(\frac{5a:a:\frac{5}{4}a:\frac{1}{2}c}{2}\right)$, richtiger: $+\left(\frac{\frac{5}{4}a_1:5a_2:-a_3:\frac{1}{2}c}{2}\right)$, bei Naumann: $+\frac{1}{2}R\bar{5}$; bei Miller-Bravais: $\varrho\{32\bar{5}2\}$; oder: $-\left(\frac{3a:a:\frac{3}{4}a:c}{2}\right)$, genauer $-\left(\frac{\frac{3}{4}a_1:3a_2:-a_3:c}{2}\right)$, wird bei Naumann: $-R3$, und bei Miller-Bravais: $\varrho\{12\bar{3}1\}$.

Während bei Weiß alle übrigen, sich gestaltlich von den holoëdrischen nicht unterscheidenden, rhomboëdrischen Halbflächner durch Division mit 2 und + bzw. — Vorzeichen angedeutet werden können, bei Miller-Bravais durch ein vor die Klammer gestelltes ϱ (oder x), leiten sich die entsprechenden Naumannschen Symbole, wie bereits oben erwähnt, von dem Zeichen $\pm R$, bzw. $\pm mR$ ab.

Es wird also ersetzt: $\pm \frac{\infty P}{2}$ durch $\pm \infty R$; $\pm \frac{0P}{2}$ durch $\pm 0R$; $\pm \frac{\infty Pn}{2}$ durch $\pm \infty Rn$. (Das Vorzeichen wird meist weggelassen.)

Anmerkung: Neben den im vorstehenden benutzten, bezüglich der Ableitung von denen der anderen Systeme abweichenden Naumannschen Symbolen der Formen der rhomboëdrischen Hemiëdrie sind auch noch Naumannsche Zeichen in Gebrauch, welche in gleicher Weise wie die Hemiëdersymbole der anderen Systeme abgeleitet wurden; also $\pm \frac{P}{2}$ für $\pm R$, $\pm \frac{mPn}{2}$ an Stelle von $\pm mRn$.

Es sei darauf hingewiesen, daß man bei der Umwandlung der einen Art Symbole in die andere nicht etwa einfach P durch R ersetzen darf, während m und n stehen bleiben; die

---

1) Bei der Umwandlung der Naumannschen Zeichen in die Miller-Bravaisschen bedient man sich der Formeln: $h = n + 1$; $i = n - 1$; $\bar{k} = -2n$; $l = \frac{2}{m}$; umgekehrt ist:

$$m = \frac{h-i}{l} \quad \text{und} \quad n = \frac{h+i}{h-i}.$$

Umwandlung von z. B. $\pm \mathfrak{m} R \mathfrak{n}$ in $\pm \frac{m P n}{2}$ oder umgekehrt hat vielmehr unter Zuhilfenahme der Formeln:

$$\mathfrak{m} = m \cdot \frac{2 - n}{n}, \text{ und } \mathfrak{n} = \frac{n}{2 - n}$$

bezw.

$$m = \mathfrak{m} \cdot \mathfrak{n}, \text{ und } n = \frac{2\mathfrak{n}}{\mathfrak{n} + 1}$$

zu erfolgen.

Z. B. wird aus $-2R\frac{8}{5}$, (wobei also $\mathfrak{m} = 2$ und $\mathfrak{n} = \frac{8}{5}$), $m = 2 \cdot \frac{8}{5} = \frac{8}{4}$ und

$$n = \frac{2 \cdot \frac{8}{5}}{\frac{8}{5} + 1} = \frac{\frac{16}{5}}{\frac{13}{5}} = \frac{16}{13}, \text{ mithin: } -2R\frac{8}{5} = -\frac{\frac{8}{4}P\frac{16}{13}}{2}.$$

Schließlich sei noch erwähnt, daß auch die ursprünglichen, nur aus drei Indices bestehenden Millerschen Symbole, die sich ebenfalls vom Rhomboëder ableiten, bisweilen an Stelle der Miller-Bravaisschen Verwendung finden.

Combinationen.

Einige rhomboëdrisch krystallisierende Mineralien zeichnen sich durch die außerordentlich große Zahl der verschiedensten vorkommenden Combinationen aus, die unmöglich alle hier Platz finden können. Nur einige der häufigsten seien im nachfolgenden erwähnt:

Sehr oft beobachtet man Combinationen zwischen Prisma I. Art (∞R) und dem basischen Pinakoid $(0R)$; wobei die Krystalle entweder lang säulenförmig $(\infty R; 0R)$ oder nach dem Pinakoid tafelig $(0R; \infty R)$ ausgebildet erscheinen.

Sehr häufig sind ferner Combinationen zwischen dem Prisma I. Art, (∞R), und einem negativen Rhomboëder, z. B. $-\frac{1}{2}R$ (Abb. 138) oder $-2R$.

Sechs Combinationskanten laufen dabei abwechselnd oben und unten an den Prismenflächen horizontal; am anderen Ende der Prismenfläche tritt außer den oben und unten gleichmäßig verteilten zwölf einundeinundeinkantigen Ecken je eine zweiundeinkantige Combinationsecke auf, so daß die Prismenflächen wie die Rhomboëderflächen symmetrische Fünfecke sind.

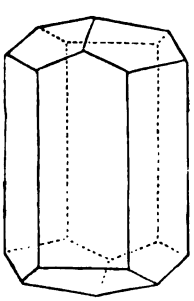


Abb. 138.

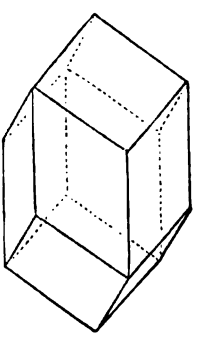


Abb. 139.

Ein durchaus anderes Bild zeigt die Combination eines Rhomboëders mit dem Prisma II. Art, $(\infty P2)$, (Abb. 139).

Die Prismen- wie die Rhomboëderflächen haben hier die Gestalt von Rhomben; die Rhomboëderflächen bewirken eine dreikantige polare Zuspitzung von den abwechselnden Prismenkanten aus, während diese bei der vorhergenannten Combination von den abwechselnden Prismenflächen aus erfolgte.

Daß die Polkanten eines beliebigen Rhomboëders mR von den Flächen eines solchen entgegengesetzter Stellung mit halbem c-Achsenparameter, also $-\frac{1}{2}mR$, gerade abgestumpft werden, wurde bereits oben erwähnt.

Das Prisma II. Art, $(\infty P2)$, stumpft die Randkanten der Rhomboëder gerade ab (Abb. 140), während jedes spitzere Skalenoëder gleicher Stellung dieselben zuschärft (Abb. 141).

Ein stumpferes, flacheres Skalenoëder ruft an einem Rhomboëder gleicher Stellung eine dreiunddreikantige Zuspitzung der Polecken hervor.

Die längeren Polkanten jedes Skalenoëders, mRn, werden von dem Rhomboëder $\frac{1}{4}m(3n+1)R$ gerade abgestumpft, die kürzeren durch die Flächen des Rhomboëders: $-\frac{1}{4}m(3n-1)R$ (Abb. 142); z. B. bei $R3$ die längeren Polkanten durch $\frac{3}{2}R$, die kürzeren durch $-2R$.

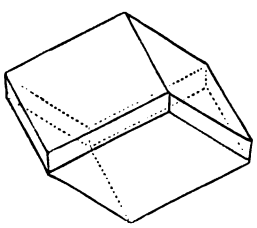


Abb. 140.

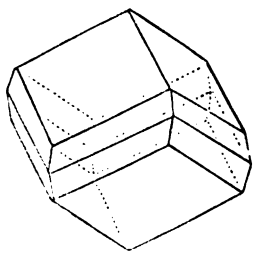


Abb. 141.

Ein Skalenoëder wird einem spitzeren gleicher Stellung die Polecken von den Flächen aus zuspitzen; die resultierenden Combinationskanten werden horizontal verlaufen, wenn die Werte von n in mRn bei beiden gleich sind (Abb. 143); sie werden aber den Randkanten des spitzeren parallel gehen, wenn die Werte von m in den Zeichen beider Skalenoëder einander gleich sind (Abb. 144).

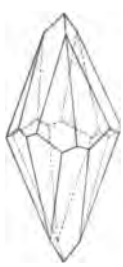


Abb. 142.

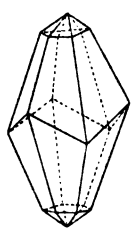


Abb. 143.

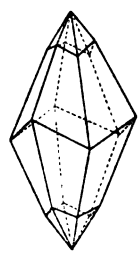


Abb. 144.

II. Pyramidale Hemiëdrie.

Die Formen dieser Hemiëdrie sind nur noch nach der horizontalen Hauptsymmetrieebene symmetrisch gebaut.

Nur die dihexagonalen Doppelpyramiden und die dihexagonalen Prismen ergeben hier gestaltlich zwar den Holoëdern gleichende, bezüglich ihrer Stellung zum Achsenkreuz aber von diesen abweichende Formen.

1. Wenn an einer dihexagonalen Doppelpyramide nur die eine oder andere Hälfte der Flächen in solcher Verteilung zur Ausbildung gelangt, daß ringsum abwechselnd sechs Paare übereinanderliegender Flächen in Betracht kommen (Abb. 145), so entstehen zwei äußerlich gleiche, einzig und allein bezüglich der Stellung voneinander, wie von den Doppelpyramiden I. und II. Art, sich unterscheidende **hexagonale Doppelpyramiden III. Art** oder Stellung, auch »Tritopyramiden« genannt.

Die Nebenachsen verbinden hier weder die gegenüberliegenden Randecken, — wie bei den hexagonalen Doppelpyramiden I. Art —, noch die Halbierungspunkte zweier gegenüberliegender Randkanten —, wie bei den hexagonalen Doppelpyramiden II. Art —, sondern je zwei dazwischen liegende Punkte (Abb. 146).

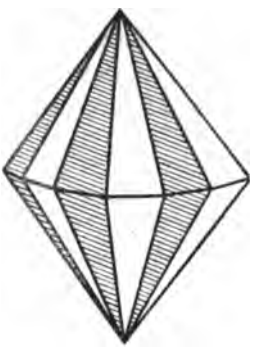


Abb. 145.

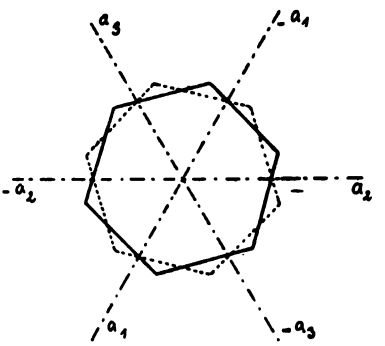


Abb. 146.

Anmerkung: In der Abbildung sind die horizontalen Querschnitte zweier zusammengehöriger Doppelpyramiden III. Art gezeichnet, der eine in ausgezogenen, der andere in punktierten Linien; ersterer vergegenwärtigt die Stellung einer positiven Form, letzterer diejenige der entsprechenden negativen.

Je nach dem Parameterverhältnis der dihexagonalen Doppelpyramiden, von denen sich je zwei derartige hexagonale Doppelpyramiden III. Art ableiten, werden die Durchschnittspunkte der Nebenachsen mit den Randkanten mehr nach den Randecken oder mehr nach der Mitte der Randkanten zu liegen.

Die Bezeichnungsweise der Formen der pyramidalen Hemiëdrie ist derjenigen der pentagondodekaëdrischen des regulären Systems analog, weil die Formen ebenfalls parallelflächige sind. Bei Weiß und Naumann werden deshalb die Symbole in [ ] Klammern gesetzt; bei Miller-Bravais wird wiederum ein π vor die Klammern gestellt; (π als Anfangsbuchstabe von $\pi\alpha\varrho\acute{\alpha}\lambda\lambda\eta\lambda o\varsigma$, parallelos, parallel.)

Das allgemeine Weißsche Zeichen ist demnach: $\pm \left[\frac{sa : a : \frac{s}{s-1}a : mc}{2}\right]$,

richtiger: $\pm \left[\frac{\frac{s}{s-1}a_1 : sa_2 : -a_3 : mc}{2}\right]$, wobei s natürlich wieder größer als 2 sein muß, und $\frac{s}{s-1}$ nur Werte zwischen 1 und 2 annehmen kann.

Das allgemeine Naumannsche Zeichen lautet: $\pm \left[\frac{mPn}{2}\right]$; das Miller-Bravaissche: $\pi\{ki\bar{h}l\}$, bzw. $\pi\{h\bar{i}kl\}$.

2. In gleicher Weise ergeben die dihexagonalen Prismen in dieser Hemiëdrie je zwei **hexagonale Prismen III. Art** oder Stellung, auch »Tritoprismen« genannt, die sich ebenfalls nur durch die Stellung von

gestaltlich gleichen holoëdrischen Prismen I. und II. Art unterscheiden: Die Nebenachsen treten weder in den Kanten, noch in der Mitte der Flächen heraus, sondern an beliebigen dazwischen liegenden Punkten der Flächen.

Das Weißsche Zeichen ist: $\pm \left[\frac{s a : a : \frac{s}{s-1} a : \infty c}{2}\right]$, genauer: $\pm \left[\frac{\frac{s}{s-1} a_1 : s a_2 : -a_3 : \infty c}{2}\right]$; das Naumannsche: $\pm \left[\frac{\infty P n}{2}\right]$; das Miller-Bravaissche: $\pi \{ki\bar{h}0\}$, bzw. $\pi \{h\bar{i}\bar{k}0\}$, wobei natürlich auch hier $\frac{k}{h} = n$ ist.

Die pyramidalen Halbflächner aller übrigen Formen stimmen sowohl gestaltlich, als auch bezüglich der Stellung mit den betreffenden Vollflächnern überein; der geringere Grad von Symmetrie läßt sich aber auch hier, z. B. mittels der Ätzfiguren, nachweisen.

Kämen die hexagonalen Pyramiden III. Art für sich allein vor, die Prismen III. Art nur mit der Basis oder den Pyramiden III. Art combiniert, so wären diese Formen von den entsprechenden Vollflächnern äußerlich nicht zu unterscheiden.

Die Pyramiden und Prismen III. Art finden sich jedoch meist nur untergeordnet an Combinationen des Prismas I. oder II. Art mit dem basischen Pinakoid vor und lassen sich dann infolge ihrer schrägen Lage leicht erkennen.

Jedes Prisma III. Art stumpft die Kanten der Prismen I. und II. Art, sowie die Randecken der hexagonalen Doppelpyramiden I. und II. Art schief ab.

Der Apatit und die ihm verwandten Mineralien gehören dieser hemiëdrischen Abteilung an. Abb. 147 zeigt z. B. einen Apatitkrystall, an dem das Prisma I. Art, (∞P), (a) und das basische Pinakoid, (oP), (c) vorherrschen.

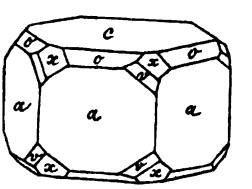


Abb. 147.

Die mit o bezeichneten Flächen gehören einer Pyramide I. Art, (P), an; die Flächen x einer solchen II. Art, $(2P2)$; die schrägliegenden Flächen v schließlich repräsentieren eine Doppelpyramide III. Art, $+\left[\frac{3P\frac{3}{2}}{2}\right]$; bei Weiß: $+\left[\frac{3a : a : \frac{3}{2}a : 3c}{2}\right]$, genauer: $+\left[\frac{\frac{3}{2}a_1 : 3a_2 : -a_3 : 3c}{2}\right]$; bei Miller-Bravais: $\pi \{2\bar{1}\bar{3}1\}$.

III. Trapezoëdrische Hemiëdrie.

Die Formen dieser Abteilung sind nach keiner der sieben Symmetrieebenen des hexagonalen Systems mehr symmetrisch; sie entsprechen also denen der plagiëdrischen Hemiëdrie im regulären System; wie dort, so liefern auch hier nur die flächenreichsten Holoëder gestaltlich neue Halbflächner.

Von jeder dihexagonalen Doppelpyramide leiten sich zwei **hexagonale Trapezoëder** (Abb. 148 u. 150) ab, wenn man an ersterer die eine oder andere Hälfte der Flächen, und zwar jene, welche sich nur in den Ecken berühren, zur Ausbildung gelangen läßt (Abb. 149).

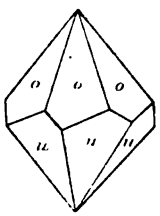


Abb. 148.

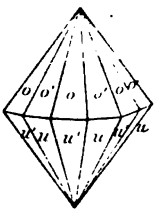


Abb. 149.

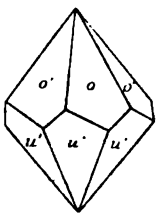


Abb. 150.

Diese Trapezoëder werden von je zwölf gleichschenkligen Trapezoiden umschlossen.

Es sind dreierlei Kanten daran vorhanden: zwölf gleichlange, zu je sechs oben und unten in einer sechskantigen Polecke zusammenlaufende Polkanten, ferner sechs längere, stumpfere und sechs kürzere, schärfere Randkanten, welche ringsum miteinander abwechseln und im Zickzack auf- und absteigen, — ähnlich wie die Skalenoëdermittelkanten —.

Außer den beiden schon erwähnten sechskantigen Polecken sind noch zwölf einundeinundeinkantige Randecken vorhanden, von denen je sechs, — die höher, bzw. tiefer liegenden —, untereinander gleich sind.

Je zwei zusammengehörige hexagonale Trapezoëder sind enantiomorph (vergl. S. 50); sie lassen sich also in keiner Weise miteinander zur Deckung bringen. Man bezeichnet sie als »rechte« und »linke« Formen.

Dementsprechend ist das allgemeine Weißsche Zeichen:

$$\left(\frac{sa : a : \frac{s}{s-1}a : mc}{2}\right)r \quad \text{bzw.} \quad \left(\frac{sa : a : \frac{s}{s-1}a : mc}{2}\right)l,$$

— genauer: $\left(\frac{\frac{s}{s-1}a_1 : sa_2 : -a_3 : mc}{2}\right)r$ und $\left(\frac{\frac{s}{s-1}a_1 : sa_2 : -a_3 : mc}{2}\right)l$ —,

wobei natürlich wiederum s größer als 2 sein muß, und $\frac{s}{s-1}$ zwischen 1 und 2 schwankt.

Das allgemeine Naumannsche Symbol lautet: $\frac{mPn}{2}r$, bzw. $\frac{mPn}{2}l$; das Miller-Bravaissche: $\tau\{ki\bar{h}l\}$, bzw. $\tau\{hi\bar{k}l\}$.

Die hexagonal trapezoëdrischen Halbflächner aller übrigen Formen gleichen den entsprechenden Holoëdern, lassen sich also nicht ohne genauere Untersuchung der Symmetrieverhältnisse (Ätzfiguren!) als Hemiëder erkennen, es sei denn, daß sie in Combination mit Trapezoëdern auftreten.

Viertelflächner (Tetartoëder) des hexagonalen Systems.

Genau in derselben Weise wie beim regulären System wird man auch im hexagonalen zu den verschiedenen, möglichen Arten der Viertelflächner gelangen, wenn man der Reihe nach eine Hemiëdrie auf die Formen einer anderen anwendet.

Da im hexagonalen System vier Hemiëdrien vorhanden sind, müßten eigentlich sechs Arten von Viertelflächnern bekannt sein; eine genaue Betrachtung der Symmetrieverhältnisse der einzelnen Fälle ergibt jedoch, daß nur drei Möglichkeiten vorhanden sind, nämlich:

1. Rhomboëdrische + trapezoëdrische Hemiëdrie:
   Trapezoëdrische Tetartoëdrie;
2. Rhomboëdrische + pyramidale Hemiëdrie:
   Rhomboëdrische Tetartoëdrie;
3. Ditrigonale + pyramidale Hemiëdrie:
   Ditrigonale Tetartoëdrie.

Vertreter für diese letzte Art von Tetartoëdrie wurden bisher in der Natur noch nicht gefunden; deshalb unterbleibt hier die nähere Betrachtung ihrer Formen.

I. Trapezoëdrische Tetartoëdrie.

1. Wenn auf die flächenreichsten Formen der rhomboëdrischen Hemiëdrie: die Skalenoëder, die ja bekanntlich die Halbflächner der dihexagonalen Doppelpyramiden sind, die trapezoëdrische Hemiëdrie angewendet wird, so gelangen von den zwölf Flächen derselben allemal nur je sechs zur Ausbildung, und zwar ringsum abwechselnd drei von den sechs Paaren je zweier übereinander liegender Flächen (Abb. 152).

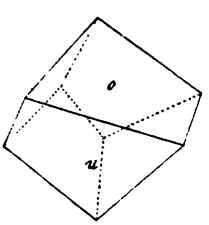


Abb. 151.

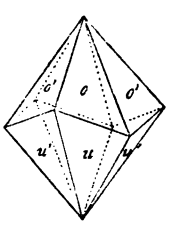


Abb. 152.

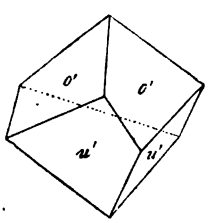


Abb. 153.

Es entstehen auf diese Weise aus jedem Skalenoëder zwei Sechsflächner, welche von sechs gleichschenkligen Trapezoiden umschlossen werden: **Trigonale Trapezoëder** (Abb. 151 und 153).

Es sind daran dreierlei Kanten vorhanden: Sechs gleiche Polkanten, welche sich zu dritt oben und unten in einer dreikantigen Polecke schneiden, sowie drei längere, stumpfere und drei kürzere, schärfere Randkanten, die im Zickzack auf- und absteigen.

Die sechs einundeinundeinkantigen Randecken, von denen je drei einander gleich sind, zerfallen in zwei Gruppen: die einen bilden die höher, die anderen die tiefer liegenden der ringsum abwechselnd verteilten Randecken.

Je zwei zusammengehörige Trapezoëder sind enantiomorph, lassen sich also durch keinerlei Stellungsänderung miteinander zur Deckung bringen; Abb. 153 stellt ein rechtes, Abb. 154 ein linkes Trapezoëder dar.

Da jedes Skalenoëder zwei zusammengehörige Trapezoëder liefert, und jede dihexagonale Doppelpyramide wiederum zwei der ersteren ergibt, so leiten sich von jeder dihexagonalen Doppelpyramide vier zusammengehörige trigonale Trapezoëder ab: zwei positive und zwei negative.

Bei den krystallographischen Symbolen wird diesem Umstande durch Vereinigung der Bezeichnungsweisen der beiden combinierten Hemiëdrien Rechnung getragen:

Das allgemeine Weißsche Zeichen lautet also: $+\left(\frac{sa:a:\frac{s}{s-1}a:mc}{2}\right)r$,

bzw. $-\left(\frac{sa:a:\frac{s}{s-1}a:mc}{2}\right)r$, bzw. $+\left(\frac{sa:a:\frac{s}{s-1}a:mc}{2}\right)l$,

bzw. $-\left(\frac{sa:a:\frac{s}{s-1}a:mc}{2}\right)l$;

oder genauer: $+\left(\frac{\frac{s}{s-1}a_1:sa_2:-a_3:mc}{2}\right)r$,

bzw. $-\left(\frac{\frac{s}{s-1}a_1:sa_2:-a_3:mc}{2}\right)r$, bzw. $+\left(\frac{\frac{s}{s-1}a_1:sa_2:-a_3:mc}{2}\right)l$,

bzw. $-\left(\frac{\frac{s}{s-1}a_1:sa_2:-a_3:mc}{2}\right)l$;

bei Naumann: $+\frac{mPn}{4}r$; $-\frac{mPn}{4}r$; $+\frac{mPn}{4}l$ und $-\frac{mPn}{4}l$;

bei Miller-Bravais: $\varrho\tau\{ki\bar{h}l\}$, $\varrho\tau\{h\bar{k}\bar{i}l\}$, $\varrho\tau\{h\bar{i}\bar{k}l\}$ und $\varrho\tau\{k\bar{h}il\}$ [1]).

2. Die von den hexagonalen Doppelpyramiden I. Art sich ableitenden Rhomboëder erleiden in der trapezoëdrischen Tetartoëdrie keinerlei Gestaltsveränderung.

Rhomboëder können also ebensogut der rhomboëdrischen Hemiëdrie, wie der trapezoëdrischen Tetartoëdrie angehören; nur eine genaue Untersuchung der Symmetrieverhältnisse (Ätzfiguren!) kann entscheiden.

---

1) An Stelle von $\varrho\tau$ kann natürlich auch $\varkappa\tau$ treten.

3. Die hexagonalen Doppelpyramiden II. Art (Abb. 155) ergeben je zwei **trigonale Doppelpyramiden,** die sich nur durch die Stellung voneinander unterscheiden und von sechs gleichschenkligen Dreiecken umschlossen werden (Abb. 154 und 156).

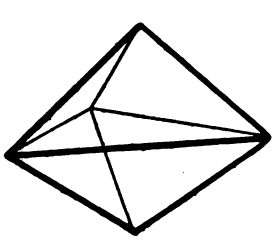


Abb. 154.

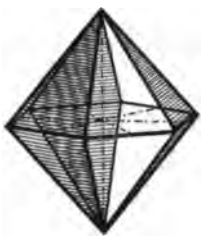


Abb. 155.

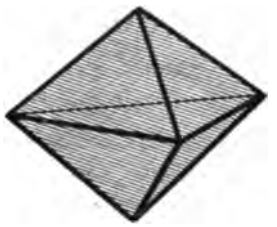


Abb. 156.

Es sind sechs gleiche Polkanten vorhanden, von denen sich je drei oben bzw. unten in einer dreikantigen Polecke schneiden. Die drei untereinander gleichen Randkanten liegen in der horizontalen Ebene der Nebenachsen; das gleiche gilt von den drei zweiundzweikantigen Randecken.

4. Von jedem dihexagonalen Prisma leiten sich in der trapezoëdrischen Tetartoëdrie zwei **ditrigonale Prismen** ab: oben und unten offene Formen, welche, — ringsum abwechselnd verteilt —, drei schärfere und drei stumpfere Kanten besitzen; der horizontale Querschnitt ist, wie der Name schon andeutet, ditrigonal (Abb. 157).

Die Nebenachsen verbinden je eine schärfere und eine stumpfere Kante.

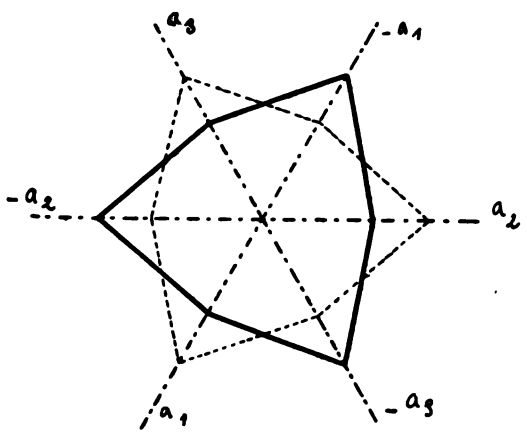


Abb. 157.

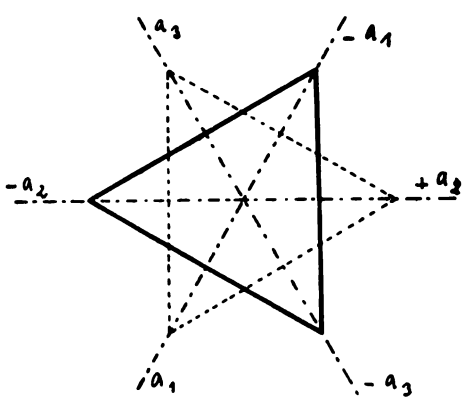


Abb. 158.

5. Das hexagonale Prisma II. Art liefert hier zwei **trigonale Prismen,** deren Horizontalquerschnitt ein gleichseitiges Dreieck darstellt und die sich nur durch die Stellung, (Abb. 158), voneinander unterscheiden.

Die Nebenachsen verbinden die Kanten mit den Halbierungspunkten der Breite der gegenüberliegenden Flächen.

Das Prisma I. Art und das basische Pinakoid liefern keine gestaltlich neuen Formen.

II. Rhomboëdrische Tetartoëdrie.

Die Formen derselben kann man sich durch Anwendung der pyramidalen Hemiëdrie auf die rhomboëdrischen Halbflächner entstanden denken.

1. Von den hexagonalen Doppelpyramiden I. Art, bzw. von deren Halbflächnern, den Rhomboëdern, leiten sich in dieser Tetartoëdrie Formen ab, welche gestaltlich, wie auch bezüglich der Lage der Flächen zum Achsenkreuz, den hemiëdrischen Rhomboëdern gleichen; man nennt sie **Rhomboëder I. Art** (oder I. Stellung).

2. Die hexagonalen Doppelpyramiden II. Art liefern Viertelflächner, welche bezüglich ihrer Gestalt den eben erwähnten Rhomboëdern I. Art gleichen und sich nur durch die Stellung von diesen unterscheiden; sie heißen: **Rhomboëder II. Art** (oder II. Stellung).

Die Randecken derselben fallen nicht in die Zwischensymmetrieebenen, wie bei den Rhomboëdern I. Art, sondern in die Nebensymmetrieebenen; jedesmal zwei gegenüberliegende Randecken liegen in einer solchen Nebensymmetrieebene.

3. Von den dihexagonalen Doppelpyramiden, bzw. deren Halbflächnern, den Skalenoëdern, leiten sich hier ebenfalls Rhomboëder ab, — jede dihexagonale Doppelpyramide liefert deren vier zusammengehörige —, welche den beiden vorher betrachteten Arten zwar gestaltlich gleichen, nicht aber bezüglich der Stellung. Man nennt sie **Rhomboëder III. Art.**

Sie nehmen zwischen denen I. und II. Art gewissermaßen eine Zwischenstellung ein: die Randecken fallen nämlich weder in die Zwischensymmetrieebenen, noch in die Nebensymmetrieebenen, sondern zwischen beide.

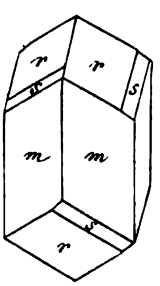


Abb. 159.

Je nach der Gestalt der ursprünglichen dihexagonalen Doppelpyramide werden diese Rhomboëder III. Art sich bezüglich ihrer Stellung entweder mehr den Rhomboëdern I. Art oder denen II. Art nähern.

Alle übrigen Formen erleiden in der rhomboëdrischen Tetartoëdrie keine Gestaltsveränderung.

Abb. 159 zeigt das Auftreten eines Rhomboëders III. Art an einem Dioptaskrystall:

m ist das Prisma II. Art: $(2a : a : 2a : \infty c)$, genauer: $(2a_1 : 2a_2 : -a_3 : \infty c)$, bzw. $\infty P2$, bzw. $\{11\bar{2}0\}$; r ein negatives Rhomboëder I. Art: $-\left(\frac{a : a : \infty a : 2c}{2}\right)$, genauer: $-\left(\frac{a_1 : \infty a_2 : -a_3 : 2c}{2}\right)$, bzw. $-2R$, bzw.

$\varrho\{0\bar{2}\bar{2}1\}$; s schließlich sind die Flächen eines negativen Rhomboëders III. Art: $-\left(\frac{14a:a:\frac{14}{13}a:\frac{7}{4}c}{4}\right)$, genauer: $-\left(\frac{\frac{14}{13}a_1:14a_2:-a_3:\frac{7}{4}c}{4}\right)$; bei Naumann: $-\frac{2R\frac{7}{4}}{2}$; bei Miller-Bravais: $\varrho\pi\{14\,\bar{1}3\,\bar{1}\,6\}$ — bzw. $x\pi\{14\,\bar{1}3\,\bar{1}\,6\}$.

Hemimorphie.

Die Formen derselben zeichnen sich dadurch aus, daß sie nach der horizontalen Hauptsymmetrieebene unsymmetrisch gebaut sind; diese »Halbgestaltung« wird sich an Krystallen also dadurch zu erkennen geben, daß Flächen, die am oberen Ende (oder »Pol«) vorhanden sind, unten fehlen, und umgekehrt. Man hat demnach hier zwischen oberen und unteren Formen zu unterscheiden.

Die Prismen erleiden dabei im allgemeinen keine Gestaltsveränderung.

Die Ätzfiguren werden natürlich auch diesen geringeren Grad von Symmetrie an ihrer einseitigen Ausbildung erkennen lassen.

Die Hemimorphie läßt sich sowohl auf die hexagonalen Holoëder, wie auf deren Teilflächner anwenden:

1) Von den holoëdrischen Formen werden das hexagonale Prisma I. und II. Art und die dihexagonalen Prismen durch die Hemimorphie gestaltlich nicht verändert.

Von den hexagonalen Doppelpyramiden I. und II. Art leiten sich Formen ab, welche nur aus sechs Flächen bestehen: also **einfache hexagonale Pyramiden I., bzw. II. Art.**

Dieselben sind nicht allseitig begrenzt, sondern einseitig — nach unten oder oben — offen, gewissermaßen unendlich große sechsseitige Trichter. Die sechs Flächen laufen in einer sechskantigen Polecke zusammen, die entweder nach oben oder nach unten gewendet ist.

Diese hexagonalen Pyramiden können, wie alle nicht ringsum geschlossenen Formen, nur in Combination mit anderen vorkommen. Abb. 160 zeigt eine derartige hexagonale Pyramide mit einem Prisma und dem unteren »Pedion«, (s. u.), combiniert.

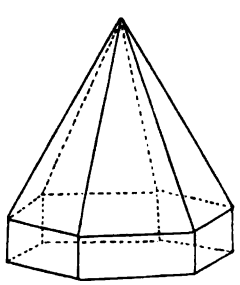


Abb. 160.

In analoger Weise liefern die dihexagonalen Doppelpyramiden je zwei **dihexagonale Pyramiden,** die ebenfalls nur die obere oder untere Hälfte der Flächen der ursprünglichen Form aufweisen.

Ebenso kann vom basischen Pinakoid entweder nur die obere oder nur die untere Fläche auftreten; man nennt diesen Halbflächner des Pinakoids: **„Pedion“** (*το πεδίον*, to pedion, die Ebene).

2) In gleicher Weise können Formen der rhomboëdrischen Hemiëdrie hemimorph ausgebildet sein.

Gleiche zusammengehörige Rhomboëder- und Skalenoëderflächen, sowie die Flächen der hexagonalen Pyramiden II. Art, werden ebenfalls nur an der oberen oder unteren Hälfte der Combination ausgebildet sein; das basische Pinakoid wird wiederum als oberes oder unteres **„Pedion"** auftreten.

Das hexagonale Prisma I. Art erleidet hier, wenn man es mit Naumann als ∞R ansieht, insofern eine Veränderung, als seine sechs Flächen abwechselnd der oberen und unteren Hälfte zuzurechnen sind. Es entstehen also zwei **trigonale Prismen,** $\pm \frac{\infty R}{2}$, [bei Weiß: $\pm \left(\frac{a:a:\infty a:\infty c}{2}\right)$, bzw. $\pm \left(\frac{a_1:\infty a_2:-a_3:\infty c}{2}\right)$, bei Miller-Bravais: $x\{10\bar{1}0\}$];. entsprechend liefern die dihexagonalen Prismen je zwei **ditrigonale Prismen.**

Unverändert bleibt dagegen das hexagonale Prisma II. Art.

Zu dieser hemimorphen Abteilung gehören Turmalin und Rotgültigerz, wahrscheinlich auch noch Wurtzit, Greenockit und Rotzinkerz.

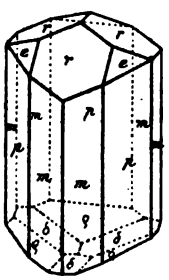


Abb. 161.

Abb. 161 läßt die hemimorphe Ausbildung eines Turmalinkrystalls erkennen.

3) In der pyramidalen Hemiëdrie werden durch die Hemimorphie weder die hexagonalen Prismen III. Art, noch das hexagonale Prisma I. und II. Art verändert.

Die hexagonalen Doppelpyramiden I., II. und III. Art und das basische Pinakoid liefern dagegen je eine obere und eine untere **hexagonale Pyramide,** bzw. ein oberes und ein unteres **Pedion.**

Von Mineralien ist der Nephelin hierher zu rechnen.

4) Auch die Formen der trigonalen Tetartoëdrie können der Hemimorphie unterworfen sein; da im Mineralreich Vertreter für diese Gruppe bisher jedoch noch nicht gefunden wurden, unterbleibt die nähere Betrachtung ihrer Formen.

III. Tetragonales System.

Holoëdrie.

Der Name ist, wie beim hexagonalen System, von der Gestalt des Horizontalquerschnitts abgeleitet, der bei den meisten Formen dieses Systems ein regelmäßiges Viereck, ein Tetragon, darstellt. Aus demselben Grunde nennt man es wohl auch das quadratische System.

Die Formen des tetragonalen Systems werden, — wie diejenigen des regulären —, auf drei rechtwinklig sich schneidende Achsen bezogen; während beim regulären Achsenkreuz aber alle drei Achsen gleiche Wertigkeit besitzen, nimmt am tetragonalen die eine — die *c*-Achse —, genau wie beim hexagonalen Achsenkreuz, eine bevorzugte Stellung ein.

Man gibt dieser »Hauptachse«, wie dort, vertikale Stellung; die anderen beiden horizontalen »Nebenachsen« sind gleichwertig und verlaufen in derselben Richtung wie die *a*- und *b*-Achse im regulären System.

Diese beiden Nebenachsen liegen, wie beim hexagonalen System, in der horizontal verlaufenden Hauptsymmetrieebene; wie dort stehen auch hier die Nebensymmetrieebenen, von denen im vorliegenden Falle natürlich nur zwei vorhanden sein können, auf derselben senkrecht und fallen mit der Richtung der Hauptachse und je einer Nebenachse zusammen.

Dazwischen liegen, symmetrisch verteilt, die beiden ebenfalls senkrechten Zwischensymmetrieebenen, welche die rechten Winkel zwischen den beiden Nebenachsen halbieren.

Der Raum wird durch alle fünf Symmetrieebenen in 16 gleiche Teile zerlegt.

Wie im hexagonalen System, so nennt man auch hier die oben oder unten in der Hauptachse zusammenlaufenden Kanten: »Polkanten«, die von diesen gebildeten Ecken: »Polecken«, oder kurz »Pole«.

Die Unterscheidung der sechs Achsenhälften durch positives, bzw. negatives Vorzeichen und die Buchstaben *a*, *b* und *c* ist naturgemäß die gleiche wie am regulären Achsenkreuz (vgl. auch S. 26 und S. 30).

Die krystallographischen Zeichen sind denen des hexagonalen Systems vollkommen analog; entsprechend der Dreizahl der Achsen treten aber hier in den Weißschen und Graßmann-Millerschen Bezeichnungen natürlich nur drei Werte auf.

Bei den Naumannschen Symbolen gilt wiederum *P* für die Grundpyramide, welche bekanntlich für jedes tetragonal krystallisierende Mineral ein anderes Parameterverhältnis besitzt (vgl. hierzu S. 29 und S. 54).

Die Zahl für den Abschnitt auf der *c*-Achse wird wiederum vor das *P* gesetzt, diejenige des Abschnittes auf der einen Nebenachse dahinter (letztere ist immer jene, welche nicht gleich 1 ist).

Wie im hexagonalen System, so zerfallen auch hier die vorkommenden Formen in zwei Klassen: 1. allseitig geschlossene und 2. offene, von ein- oder mehrseitig unendlicher Ausdehnung.

Es sind, wie dort, ebenfalls sieben einfache holoëdrische Formen möglich:

A. Allseitig geschlossene Formen:
   1. Tetragonale Doppelpyramiden I. Art;
   2. » » II. » ;
   3. Ditetragonale » .

B. Offene Formen:
   4. Das tetragonale Prisma I. Art;
   5. » » » II. » ;
   6. Ditetragonale Prismen;
   7. Das basische Pinakoid.

Wie im hexagonalen System, so unterscheiden sich auch hier die tetragonalen Doppelpyramiden I. und II. Art, bzw. das tetragonale Prisma I. und II. Art, lediglich durch die Stellung zum Achsenkreuz voneinander.

Die **tetragonalen Doppelpyramiden** werden von acht gleichschenkligen Dreiecken umschlossen.

Man kann an ihnen zweierlei Kanten wahrnehmen: acht Polkanten, die zu je vier oben und unten in einer vierkantigen Polecke zusammenlaufen, und vier Randkanten, welche, in der Ebene der Nebenachsen, — also in der Hauptsymmetrieebene —, liegend, ein Quadrat bilden.

Außer den beiden vierkantigen Polecken sind noch vier zweiundzweikantige Rand- oder Mittelecken vorhanden.

Je nach dem Verhältnis der Abschnitte auf der Hauptachse und den beiden Nebenachsen werden die tetragonalen Doppelpyramiden bald spitzere, bald stumpfere Formen, bzw. Polecken aufweisen.

Die Grenze zwischen beiden Arten würde eine Doppelpyramide bilden, welche auf allen drei Achsen gleiche Parameter besitzt, d. h. ein reguläres Oktaëder, eine Form, welche im tetragonalen System niemals wirklich vorkommen kann.

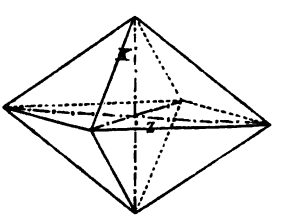


Abb. 162.

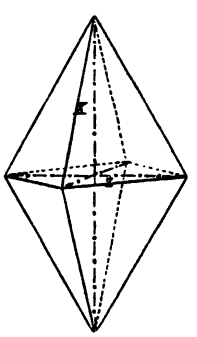


Abb. 163.

1. Die **tetragonalen Doppelpyramiden** (Bipyramiden) **I. Art** (I. Stellung oder I. Ordnung), auch »Protopyramiden« genannt, werden in genau derselben Weise aufgestellt, wie das reguläre Oktaëder; die beiden vierkantigen Polecken liegen in der vertikalen Hauptachse, und die beiden Nebenachsen verbinden je zwei gegenüberliegende zweiundzweikantige Randecken (Abb. 162 und 163).

Das Weißsche Zeichen für die als Grundform eines tetragonal krystallisierenden Minerals gewählte Doppelpyramide I. Art ist: $(a : a : c)$, genauer: $(a_1 : a_2 : c)$; das Naumannsche: P; das Graßmann-Millersche: $\{111\}$.

Die von dieser Grunddoppelpyramide I. Art bei jedem Mineral sich weiterhin ableitenden tetragonalen Doppelpyramiden I. Art, bei denen also der c-Achsenabschnitt größere oder kleinere Werte als 1 annimmt, und infolgedessen entweder spitzere oder stumpfere Formen resultieren, haben das allgemeine Weißsche Zeichen: $(a : a : mc)$, genauer: $(a_1 : a_2 : mc)$; das allgemeine Naumannsche Symbol lautet entsprechend: mP; das Graßmann-Millersche: $\{hhl\}$, wobei h die Indices der Nebenachsen, l denjenigen der Hauptachse bedeutet; (bei den spitzeren Formen ist h größer als l, bei den stumpferen umgekehrt l größer als h).

Von diesen abgeleiteten Doppelpyramiden I. Art finden sich, wie schon früher betont, diejenigen mit möglichst einfachem Parameterverhältnis an den natürlichen Krystallen am häufigsten vor; besonders: $(a : a : \frac{1}{2}c)$, genauer: $(a_1 : a_2 : \frac{1}{2}c)$, bei Naumann: $\frac{1}{2}P$, bei Graßmann-Miller: $\{112\}$; $(a : a : 2c)$, bzw. $(a_1 : a_2 : 2c)$, bei Naumann: $2P$, bei Graßmann-Miller: $\{221\}$; $(a : a : 3c)$, bzw. $(a_1 : a_2 : 3c)$; bei Naumann: $3P$, bei Graßmann-Miller: $\{331\}$.

2. Bei den **tetragonalen Doppelpyramiden** (Bipyramiden) **II. Art** (II. Stellung, II. Ordnung; Deuteropyramiden) stehen, genau wie im hexagonalen System, die Nebenachsen senkrecht auf den horizontalen Randkanten, durchdringen letztere also, wie dort, in der Mitte zwischen je zwei benachbarten zweiundzweikantigen Randecken (Abb. 164 und 165). Die tetragonalen Doppelpyramiden II. Art kehren dem Beschauer also nicht wie diejenigen I. Art eine Randecke bzw. zwei übereinanderliegende Polkanten zu, sondern eine Randkante bzw. eine obere und eine untere Pyramidenfläche.

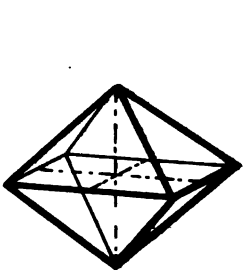


Abb. 164.

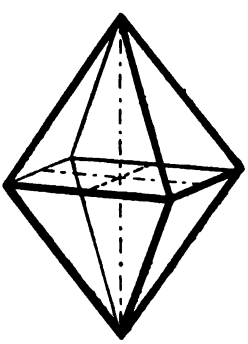


Abb. 165.

Jede solche Pyramidenfläche schneidet nur zwei Achsen: die Hauptachse und eine Nebenachse, der anderen Nebenachse geht sie parallel, bzw. schneidet sie im Unendlichen (∞).

Die der Grunddoppelpyramide I. Art entsprechende Doppelpyramide II. Stellung erhält deshalb das Weißsche Zeichen: $(a : \infty a : c)$ bzw. $(a_1 : \infty a_2 : c)$; bei Naumann: $P\infty$; bei Graßmann-Miller: $\{101\}$.

Die abgeleiteten stumpferen und spitzeren Doppelpyramiden II. Art haben das allgemeine Weißsche Zeichen: $(a : \infty a : mc)$, genauer: $(a_1 : \infty a_2 : mc)$; bei Naumann: $mP\infty$; bei Graßmann-Miller: $\{h0l\}$.

Z. B.: $(a : \infty a : \frac{1}{2}c)$, bzw. $(a_1 : \infty a_2 : \frac{1}{2}c)$, wird bei Naumann: $\frac{1}{2}P\infty$; bei Graßmann-Miller: $\{102\}$; oder $(a : \infty a : \frac{3}{2}c)$, bzw. $(a_1 : \infty a_2 : \frac{3}{2}c)$, ist bei Naumann: $\frac{3}{2}P\infty$, bei Graßmann-Miller: $\{302\}$; oder $(a : \infty a : 4c)$, bzw. $(a_1 : \infty a_2 : 4c)$, wird bei Naumann: $4P\infty$, bei Graßmann-Miller: $\{401\}$.

3. Die **ditetragonalen Doppelpyramiden** werden von 16 ungleichseitigen Dreiecken begrenzt (Abb. 166). Ihre in der Horizontalebene der Nebenachsen liegenden acht gleichlangen Randkanten bilden Ditetragone (d. h. Zweimalvierecke), Achtecke mit gleichen Seiten aber zweierlei Winkeln, die ringsum abwechselnd verteilt sind (Abb. 167).

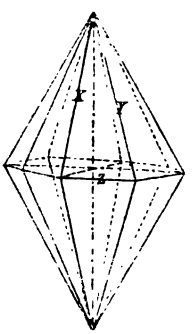


Abb. 166.

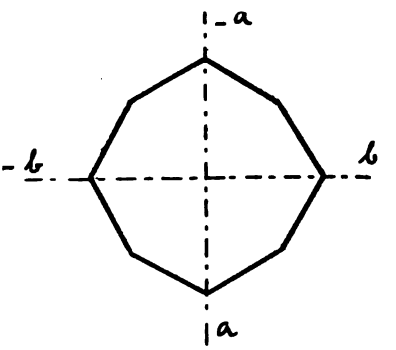


Abb. 167.

Man kann an den ditetragonalen Doppelpyramiden dreierlei Kanten beobachten: Acht längere schärfere und acht kürzere stumpfere Polkanten, von denen je vier oben bzw. unten eine vierundvierkantige Polecke bilden, und acht horizontale, untereinander gleiche Mittel- oder Randkanten.

Außer den beiden vierundvierkantigen Polecken sind noch vier spitzere und vier stumpfere zweiundzweikantige Randecken vorhanden, die von je zwei Pol- und zwei Randkanten gebildet werden und ringsum abwechseln.

Die Nebenachsen verbinden je zwei gegenüberliegende der spitzeren zweiundzweikantigen Randecken.

Jede Fläche einer ditetragonalen Doppelpyramide wird alle drei Achsen schneiden; je nach der Größe des c-Achsenabschnitts m werden die Formen spitzeren oder stumpferen Habitus besitzen, wie schon bei den Doppelpyramiden I. und II. Art erläutert.

Die eine Nebenachse wird in der Entfernung 1, die andere in einer beliebigen größeren Entfernung n geschnitten; das allgemeine Weißsche Zeichen lautet infolgedessen: $(a : na : mc)$, genauer: $(a_1 : na_2 : mc)$; das Naumannsche: mPn; das Graßmann-Millersche: $\{hkl\}$; wobei $\frac{h}{k} = n$ und $\frac{h}{l} = m$ ist.

Bei den der Grunddoppelpyramide I. Art entsprechenden ditetragonalen Doppelpyramiden wird $m = 1$; die Symbole vereinfachen sich also zu: $(a : na : c)$, bzw. $(a_1 : na_2 : c)$, und Pn.

Z. B. wird $(a : 3a : c)$, bzw. $(a_1 : 3a_2 : c)$, bei Naumann: $P3$; bei Graßmann-Miller: {313}; oder $(a : 3a : 3c)$, bzw. $(a_1 : 3a_2 : 3c)$, bei Naumann: $3P3$, bei Graßmann-Miller: {311}.

$(a : \frac{3}{2}a : 3c)$, genauer: $(a_1 : \frac{3}{2}a_2 : 3c)$, wird bei Naumann: $3P\frac{3}{2}$, bei Graßmann-Miller: {321}; $(a : 2a : \frac{1}{4}c)$, bzw. $(a_1 : 2a_2 : \frac{1}{4}c)$, bei Naumann: $\frac{1}{4}P2$, bei Graßmann-Miller: {218}.

Die ditetragonalen Doppelpyramiden finden sich an natürlichen Krystallen sehr selten für sich allein; sie kommen meist untergeordnet an Combinationen vor, z. B. bei Zinnstein, Zirkon, Vesuvian.

Die **tetragonalen** (quadratischen) **Prismen** (oder Säulen) werden von vier Flächen gebildet, welche der senkrechten Hauptachse parallel laufen.

Der Horizontalquerschnitt stellt ein regelmäßiges Viereck, ein Quadrat, dar.

Da diese Formen, in analoger Weise wie die hexagonalen Prismen, gewissermaßen einen unendlich langen, oben und unten offenen, quadratischen Kanal bilden, können sie, — wie alle offenen Formen —, niemals für sich allein vorkommen oder bildlich dargestellt werden; (die Abbildungen zeigen sie meist in Combination mit dem basischen Pinakoid, bzw. nur ein herausgeschnittenes Stück des Ganzen).

Je nach der Stellung bezüglich der Nebenachsen unterscheidet man, — wie bei den tetragonalen Doppelpyramiden —, zwei Arten von tetragonalen Prismen:

4. Am **tetragonalen** (quadratischen) **Prisma I. Art** (Protoprisma), — den Doppelpyramiden I. Art entsprechend —, verbinden die Nebenachsen je zwei gegenüberliegende Kanten, wobei sich letztere mit ersteren rechtwinklig durchschneiden (Abb. 168).

Die Abschnitte auf den Nebenachsen haben gleiche Größe; die c-Achse wird im Unendlichen, d. h. gar nicht geschnitten.

Es ist eine Kante nach vorn, dem Beschauer zu, gewendet.

Das Weißsche Zeichen lautet: $(a : a : \infty c)$ bzw. $(a_1 : a_2 : \infty c)$; das Naumannsche: ∞P; das Graßmann-Millersche: {110}.

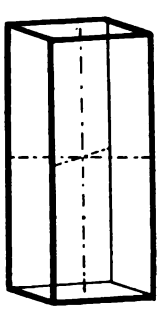


Abb. 168.

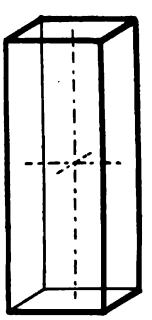


Abb. 169.

5. Das **tetragonale** (quadratische) **Prisma II. Art** (Deuteroprisma) (Abb. 169) erscheint gegenüber demjenigen I. Art um 45° in der Vertikalachse gedreht; es entspricht bezüglich seiner Stellung also den tetragonalen Doppelpyramiden II. Art.

Die Nebenachsen verbinden je zwei gegenüberliegende Flächen und stehen auf letzteren senkrecht.

Jede Fläche schneidet nur eine Nebenachse, der anderen und der Hauptachse geht sie parallel.

Das Weißsche Zeichen ist daher: $(a : \infty a : \infty c)$ bzw. $(a_1 : \infty a_2 : \infty c)$; das Naumannsche: $\infty P\infty$; das Graßmann-Millersche: $\{100\}$.

6. Die **ditetragonalen Prismen** werden von je acht der Hauptachse parallelen Flächen gebildet (Abb. 170).

Abb. 170.

Der Horizontalquerschnitt stellt, — wie bei den ditetragonalen Doppelpyramiden —, ein Achteck mit gleichen Seiten und zweierlei ringsum abwechselnd verteilten Winkeln dar. Infolgedessen sind auch zweierlei Kanten zu beobachten: Vier schärfere, in die Nebensymmetrieebenen fallende und vier stumpfere, in den Zwischensymmetrieebenen liegende.

Die Nebenachsen verbinden je zwei gegenüberliegende schärfere Kanten (Abb. 170).

Jede Fläche schneidet beide Nebenachsen, dagegen nie die Hauptachse.

Das allgemeine Weißsche Zeichen lautet infolgedessen: $(a : na : \infty c)$, bzw. $(a_1 : na_2 : \infty c)$, das Naumannsche: ∞Pn, das Graßmann-Millersche: $\{hk0\}$.

Z. B. $(a : 2a : \infty c)$, bzw. $(a_1 : 2a_2 : \infty c)$, wird bei Naumann: $\infty P2$ und bei Graßmann-Miller: $\{210\}$; oder $(a : \frac{1}{3}a : \infty c)$, bzw. $(a_1 : \frac{1}{3}a_2 : \infty c)$, bei Naumann: $\infty P\frac{1}{3}$, bei Graßmann-Miller: $\{130\}$.

Als Grenzformen können das tetragonale Prisma I. und II. Art gelten.

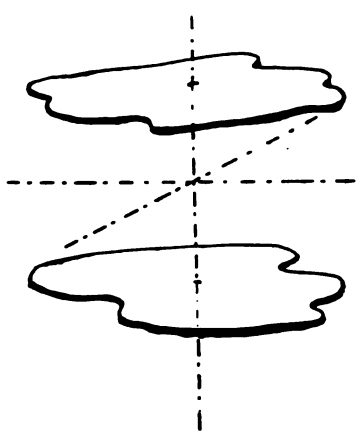


Abb. 171.

7. Das **basische Pinakoid,** (Basis, Geradendfläche), stellt auch hier, genau wie im hexagonalen System, ein Paar von zwei einander parallelen Flächen dar, die in der Richtung der Hauptsymmetrieebene verlaufen. Die Form kann natürlich nur in Combination mit anderen vorkommen.

Nur die senkrechte c-Achse wird geschnitten; den beiden Nebenachsen gehen die Flächen parallel (Abb. 171).

Das Weißsche Zeichen ist deshalb: $(\infty a : \infty a : c)$, bzw. $(\infty a_1 : \infty a_2 : c)$; das Naumannsche: $0P$; das Graßmann-Millersche: $\{001\}$.

Die Beziehungen zwischen den soeben betrachteten sieben holoëdrischen Formen des tetragonalen Systems sind denen im hexagonalen System vollkommen analog.

Das übersichtliche Schema (Abb. 172) ist infolgedessen, — abgesehen von den abweichenden Bezeichnungen der Prismen und Doppelpyramiden II. Art —, dasselbe wie dort. Die Grenzformen bilden wiederum: das basische Pinakoid $(0P)$, das tetragonale Prisma I. Art (∞P) und dasjenige

II. Art ($\infty P\infty$). Zwischen Pinakoid und Prisma I. Art liegt die Reihe der verschiedenen tetragonalen Doppelpyramiden I. Art (mP); zwischen Pinakoid und tetragonalem Prisma II. Art liegen alle tetragonalen Doppelpyramiden II. Art ($mP\infty$) und zwischen den beiden tetragonalen Prismen endlich alle ditetragonalen Prismen (∞Pn).

Den von diesen sechs Formen umschlossenen Raum füllen alle die möglichen ditetragonalen Doppelpyramiden (mPn) aus, die als allgemeinste Form den regulären Achtundvierzigflächnern und den dihexagonalen Doppelpyramiden entsprechen.

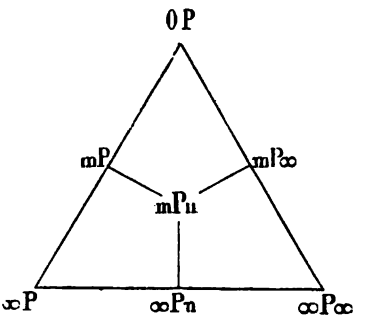


Abb. 172.

Combinationen.

Die Combinationen des basischen Pinakoids mit den tetragonalen und ditetragonalen Prismen sind bereits in den Abb. 168, 169 und 170 dargestellt.

Je nachdem das Pinakoid oder die Prismen daran vorherrschen, werden entweder mehr tafelförmige oder mehr säulenförmige Gestalten resultieren.

Die Flächen des tetragonalen Prismas II. Art stumpfen demjenigen I. Art die Kanten gerade ab, und umgekehrt. Die Mittelform wird ein regelmäßiges achtseitiges Prisma darstellen, das man ja nicht etwa als ditetragonales Prisma ansehen darf.

Die ditetragonalen Prismen treten an den tetragonalen als Zuschärfung der Kanten auf; umgekehrt letztere an jenen als Abstumpfung der abwechselnden Kanten.

Sind die tetragonalen bzw. die ditetragonalen Prismen mit einer Doppelpyramide gleicher Art combiniert, so verlaufen die Combinationskanten horizontal (Abb. 173); dagegen werden letztere an Combinationen von Prismen und Doppelpyramiden verschiedener Art, also z. B. vom tetragonalen Prisma I. Art mit der tetragonalen Doppelpyramide II. Art (oder umgekehrt), im Zickzack auf- und absteigen (Abb. 174).

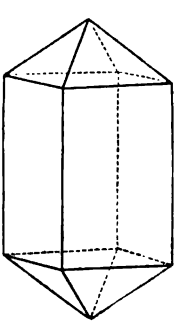


Abb. 173.

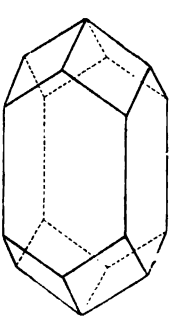


Abb. 174.

Tritt zu einer Combination von tetragonalen Prismen I. oder II. Art mit Doppelpyramiden gleicher Stellung noch eine Doppelpyramide der anderen Stellung hinzu, so bewirken die Flächen derselben je nach dem

Parameterverhältnis gerade oder schiefe Abstumpfung der zweiundzweikantigen Combinations-Ecken (Abb. 175).

Umgekehrt werden an den schon erwähnten Combinationen der tetragonalen Prismen mit Doppelpyramiden gleicher Stellung die Combinations-Kanten durch die Flächen spitzerer Doppelpyramiden gleicher Stellung abgestumpft (Abb. 176).

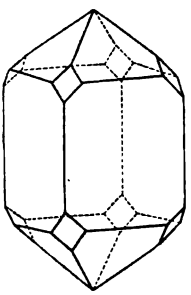


Abb. 175.

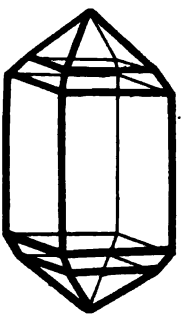


Abb. 176.

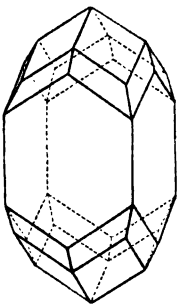


Abb. 177.

Die Flächen einer ditetragonalen Doppelpyramide, mPn, werden die Combinationskanten zwischen einem tetragonalen Prisma und einer tetragonalen Doppelpyramide anderer Stellung abstumpfen, wenn m und n gleichen Wert haben (Abb. 177).

An den Doppelpyramiden werden durch die Prismen gleicher Art die Randkanten gerade abgestumpft (Abb. 178), also an P durch ∞P, an mP durch ∞P, an $P\infty$ durch $\infty P\infty$, an $mP\infty$ durch $\infty P\infty$, an mPn durch ∞Pn.

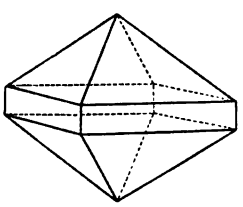


Abb. 178.

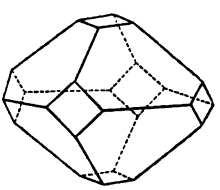


Abb. 179.

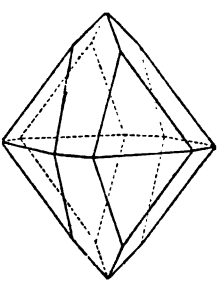


Abb. 180.

Das tetragonale Prisma I. Art stumpft den tetragonalen Doppelpyramiden II. Art die Rand-Ecken gerade ab, und umgekehrt. Abb. 179 zeigt eine solche Combination noch mit den Flächen des basischen Pinakoids, $0P$, das an allen Doppelpyramiden die Polecken gerade abstumpft.

Jeder tetragonalen Doppelpyramide II. Art stumpft eine entsprechende I. Art die Polkanten gerade ab, und umgekehrt (Abb. 180). Die ditetragonalen Doppelpyramiden schärfen entsprechenden tetragonalen Doppelpyramiden I. Art die Polkanten zu.

Die Teilflächner des tetragonalen Systems.

Im tetragonalen System sind, — abgesehen von der gesondert zu betrachtenden Hemimorphie, bei welcher, wie im hexagonalen System, die horizontale Hauptsymmetrieebene in Wegfall kommt —, nur drei verschiedene Hemiëdrien möglich:

1. Es fallen die beiden Nebensymmetrieebenen und die Hauptsymmetrieebene weg; die Formen dieser Hemiëdrie sind also nur noch nach den beiden Zwischensymmetrieebenen symmetrisch gebaut:

Sphenoidische Hemiëdrie;

2. Es bleibt nur die Hauptsymmetrieebene bestehen, während alle übrigen vier (Neben- und Zwischen-) Symmetrieebenen verschwinden:

Pyramidale Hemiëdrie;

3. Es kommen alle fünf Symmetrieebenen in Wegfall:

Trapezoëdrische Hemiëdrie[1]).

I. Sphenoidische Hemiëdrie.

Es bleiben in derselben nur noch die beiden senkrechten Zwischensymmetrieebenen bestehen.

Nur die tetragonalen Doppelpyramiden I. Art und die ditetragonalen Doppelpyramiden ergeben gestaltlich neue Formen, eine Erscheinung, welche in analoger Weise bei der rhomboëdrischen Hemiëdrie des hexagonalen Systems zu beobachten war.

Die sphenoidischen Halbflächner aller übrigen fünf holoëdrischen Formen gleichen äußerlich den letzteren; mit Hilfe der Ätzfiguren wird sich aber auch an diesen der geringere Symmetriegrad nachweisen lassen.

1. Gelangt an einer tetragonalen Doppelpyramide I. Art die eine oder die andere Hälfte der acht Flächen, und zwar jene, welche sich nur in den Ecken berühren (Abb. 182), zur Ausbildung, so resultieren Vierflächner, die mit den regulären Tetraëdern eine gewisse Ähnlichkeit haben, und von denen zwei zusammengehörige, genau wie jene, sich nur durch die Stellung voneinander unterscheiden (Abb. 181 und 183).

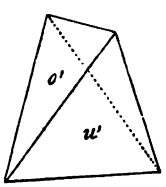


Abb. 181.

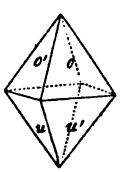


Abb. 182.

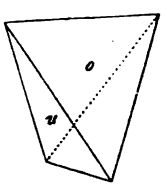


Abb. 183.

1) Die nähere Betrachtung der Formen dieser letzten Art von Hemiëdrie, welche der trapezoëdrischen des hexagonalen Systems völlig analog ist, unterbleibt, weil sie an Mineralien bisher noch nicht beobachtet werden konnte; es liefern in ihr übrigens nur die ditetragonalen Doppelpyramiden, mPn, gestaltlich neue Formen, nämlich je ein rechtes und ein linkes achtflächiges Trapezoëder: $\left(\frac{a:na:mc}{2}\right)r$, bzw. $\left(\frac{a_1:na_2:mc}{2}\right)r$, $= \frac{mPn}{2}r = \tau\{khl\}$, und $\left(\frac{a:na:mc}{2}\right)l$, bzw. $\left(\frac{a_1:na_2:mc}{2}\right)l$, $= \frac{mPn}{2}l = \tau\{hkl\}$.

Wegen der mehr oder weniger schlank keilförmigen Gestalt hat man diese Halbflächner **tetragonale „Sphenoide"**, — von $\sigma\varphi\acute{\eta}\nu$, sphen, der Keil —, genannt. Dieselben werden von je vier gleichschenkligen Dreiecken umschlossen und besitzen vier gleiche, auf- und absteigende und zwei gleiche horizontale Kanten.

Die vier Ecken sind zweiundeinkantig und untereinander gleich.

Die Nebenachsen verbinden die Halbierungspunkte je zweier gegenüberliegender, auf- und absteigender Kanten; die Hauptachse diejenigen der horizontal verlaufenden.

Von flachen tetragonalen Doppelpyramiden I. Art werden sich Sphenoide ableiten, deren horizontale Kanten stumpfer sind als die auf- und absteigenden; bei den von spitzeren Doppelpyramiden sich herleitenden ist es umgekehrt.

Die Bezeichnungen sind den für die regulären Tetraëder gewählten analog.

Das allgemeine Weißsche Zeichen ist daher: $+\left(\frac{a_1 : a_2 : mc}{2}\right)$, bzw. $-\left(\frac{a_1 : a_2 : mc}{2}\right)$, das Naumannsche: $+\frac{mP}{2}$ und $-\frac{mP}{2}$, das Graßmann-Millersche $x\{hhl\}$, bzw. $x\{h\bar{h}l\}$.

Für die von der tetragonalen Grunddoppelpyramide irgend eines Minerals sich ableitenden beiden Sphenoide vereinfachen sich die Zeichen zu: $+\left(\frac{a_1 : a_2 : c}{2}\right)$ und $-\left(\frac{a_1 : a_2 : c}{2}\right)$, bzw. $+\frac{P}{2}$ und $-\frac{P}{2}$, bzw. $x\{111\}$ und $x\{1\bar{1}1\}$.

2. Unterwirft man die ditetragonalen Doppelpyramiden, (Abb. 185), dieser Hemiëdrie, so entstehen je zwei Achtflächner, welche gestaltlich den soeben betrachteten Sphenoiden ähneln, bei denen aber an Stelle jeder Sphenoidfläche Paare von ungleichseitigen Dreiecken treten.

Man nennt diese Achtflächner **tetragonale Skalenoëder** oder Bisphenoide, (d. h. Doppelkeilflächner). Man kann an denselben, (Abb. 184 und 186), dreierlei Kanten unterscheiden: Vier längere stumpfere und vier kürzere schärfere Polkanten, welche oben und unten in einer zweiundzweikantigen Polecke zusammenlaufen, sowie vier gleiche Randkanten, die im Zickzack auf- und absteigen, wie bei den hexagonalen Skalenoëdern.

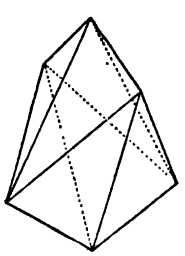


Abb. 184.

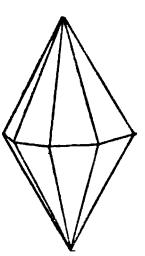


Abb. 185.

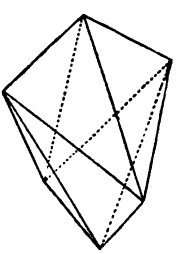


Abb. 186.

Außer den beiden in der c-Achse liegenden zweiundzweikantigen Polecken sind noch vier einundzweiundeinkantige Randecken vorhanden, von denen je zwei gegenüberstehende höher, bzw. tiefer liegen.

Die Nebenachsen verbinden die Halbierungspunkte je zweier gegenüberliegender Randkanten.

Zwei zusammengehörige tetragonale Skalenoëder unterscheiden sich ebenfalls nur durch ihre Stellung zum Achsenkreuz.

Das allgemeine Weißsche Zeichen ist: $+\left(\frac{a_1 : n a_2 : m c}{2}\right)$, bzw. $-\left(\frac{a_1 : n a_2 : m c}{2}\right)$; das Naumannsche: $+\frac{m Pn}{2}$, bzw. $-\frac{m Pn}{2}$; das Graßmann-Millersche: $x\{hkl\}$ und $x\{h\bar{k}l\}$.

Von den ditetragonalen Doppelpyramiden, welche der Grundpyramide eines Minerals entsprechen, leiten sich zwei Skalenoëder ab mit den einfacheren Zeichen: $\pm\left(\frac{a_1 : n a_2 : c}{2}\right)$, bzw. $\pm\frac{Pn}{2}$.

II. Pyramidale Hemiëdrie.

Da in dieser Abteilung nur die Hauptsymmetrieebene bestehen bleibt, entsprechen ihre Formen denen der pyramidalen Hemiëdrie des hexagonalen Systems, bzw. den regulären, pentagondodekaëdrischen Halbflächnern.

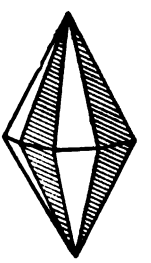


Abb. 187.

Die hierhergehörigen Formen zeichnen sich, wie jene der eben erwähnten Hemiëdrien, durch das Vorhandensein von parallelen Flächen aus, was bei den Weißschen und Naumannschen Symbolen durch eine [ ] Klammer, bei den Graßmann-Millerschen wiederum durch ein vorangestelltes π angedeutet wird.

Genau wie in der pyramidalen Hemiëdrie des hexagonalen Systems liefern auch hier nur die ditetragonalen Doppelpyramiden und die ditetragonalen Prismen von den gestaltlich gleichen Holoëdern lediglich bezüglich ihrer Stellung abweichende, neue Formen.

1. Von jeder ditetragonalen Doppelpyramide leiten sich dadurch, daß nur die eine oder die andere Hälfte der sechzehn Flächen, und zwar ringsum abwechselnd vier Paare übereinanderliegender Flächen (Abb. 187), zur Ausbildung gelangt, zwei tetragonale Doppelpyramiden ab, welche gestaltlich von den holoëdrischen I. und II. Art nicht zu unterscheiden sind; nur die Stellung ist eine andere.

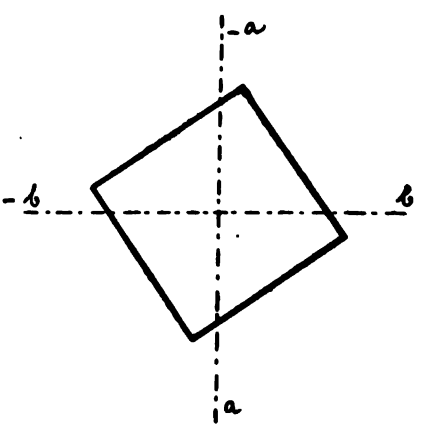


Abb. 188.

Man nennt sie, wie die analogen Formen im hexagonalen System, **tetragonale Doppelpyramiden III. Art,** (Tritopyramiden).

Die Nebenachsen verbinden weder die gegenüber liegenden Randecken, — wie bei den tetragonalen Doppelpyramiden I. Art —, noch die

Halbierungspunkte je zweier gegenüberliegender Randkanten, — wie bei den tetragonalen Doppelpyramiden II. Art —, sondern dazwischen liegende Punkte der Randkanten (Abb. 188). Je nach der Größe des Wertes n werden die resultierenden Doppelpyramiden III. Art sich der Stellung derjenigen I. Art, (wenn n nahezu $= 1$ ist), oder II. Art, (wenn n sehr groß ist), nähern.

Das allgemeine Weißsche Zeichen lautet: $+\left[\frac{a_1 : n a_2 : mc}{2}\right]$, bzw. $-\left[\frac{a_1 : n a_2 : mc}{2}\right]$; das Naumannsche: $+\left[\frac{mPn}{2}\right]$ und $-\left[\frac{mPn}{2}\right]$; das Graßmann-Millersche: $\pi\{khl\}$, bzw. $\pi\{hkl\}$; wird $m = 1$, so vereinfachen sich die Zeichen zu $\pm\left[\frac{a_1 : n a_2 : c}{2}\right]$, bzw. $\pm\left[\frac{Pn}{2}\right]$.

2. In analoger Weise leiten sich von jedem ditetragonalen Prisma **tetragonale Prismen III. Art,** (Tritoprismen), ab, welche sich ebenfalls nur hinsichtlich ihrer Stellung von den holoëdrischen tetragonalen Prismen I., bzw. II. Art unterscheiden.

Die Nebenachsen stehen weder auf den Kanten, noch auf den Flächen senkrecht, sondern durchdringen letztere an dazwischen liegenden Punkten (vgl. Abb. 188).

Das Weißsche Symbol ist: $+\left[\frac{a_1 : n a_2 : \infty c}{2}\right]$, bzw. $-\left[\frac{a_1 : n a_2 : \infty c}{2}\right]$; bei Naumann: $+\left[\frac{\infty Pn}{2}\right]$ und $-\left[\frac{\infty Pn}{2}\right]$; bei Graßmann-Miller: $\pi\{kh0\}$ und $\pi\{hk0\}$.

Die pyramidalen Halbflächner aller übrigen tetragonalen Holoëder stimmen gestaltlich wie auch in der Stellung mit letzteren überein; die Symmetrieverhältnisse der Ätzfiguren deuten aber auch hier den geringeren Grad von Symmetrie an.

Bezüglich der Erkennung der beiden oben betrachteten Formen der pyramidalen Hemiëdrie an Combinationen gilt das auf S. 71 von den entsprechenden hexagonalen Halbflächnern Gesagte.

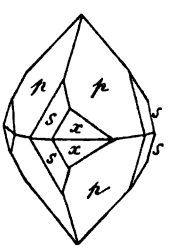


Abb. 189.

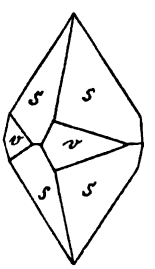


Abb. 190.

Abb. 189 zeigt einen Scheelitkrystall, an welchem eine tetragonale Doppelpyramide II. Art, $P\infty$, (p) vorherrscht. Die schmalen Flächen s gehören einer Doppelpyramide I. Art, P, an. An den rechten, in der Horizontalebene liegenden Combinationsecken treten je zwei Flächen x einer Doppelpyramide III. Art, $+\left[\frac{3P3}{2}\right]$, als zweiflächige Zuschärfung auf.

Abb. 190 stellt einen Stolzitkrystall dar, an welchem die Grunddoppelpyramide I. Art, P, (s) groß ausgebildet ist; durch ein Prisma III. Art, $+\left[\frac{\infty P\frac{3}{2}}{2}\right]$, (v) erfolgt eine schiefe Abstumpfung der Randecken.

Durch Combination der sphenoidischen und pyramidalen Hemiëdrie lassen sich Viertelflächner erhalten, welche **sphenoidische Tetartoëder** genannt werden, weil die Viertelflächner der ditetragonalen Doppelpyramiden hier Sphenoide darstellen, welche sich nur bezüglich der Stellung zum Achsenkreuz von den hemiëdrischen Sphenoiden unterscheiden; sie heißen auch Sphenoide III. Art (Tritosphenoide).

Auch die tetragonalen Doppelpyramiden I. und II. Art liefern hier Sphenoide (I. und II. Art). Die ditetragonalen Prismen geben je zwei Prismen III. Art (Tritoprismen).

Da Beispiele für diese Art von tetragonalen Teilflächnern im Mineralreich bis heute noch nicht nachgewiesen werden konnten, unterbleibt die nähere Betrachtung der Formen.

Hemimorphie.

Wie schon oben erwähnt, kommt hier die horizontale Hauptsymmetrieebene in Wegfall: an allen Formen wird also nur die obere oder untere Hälfte der Gesamtheit der Flächen zur Ausbildung gelangen; gestaltlich nicht verändert werden, — wie schon bei der hexagonalen Hemimorphie —, alle Prismen.

Da die Hemimorphie eine Anwendung sowohl auf die Holoëder wie auf die Hemiëder zuläßt, sind im tetragonalen System drei Möglichkeiten vorhanden.

Hemimorph holoëdrische Formen sind jedoch bisher nur an künstlich krystallisierten Stoffen, nicht an Mineralien, beobachtet worden; ein näheres Eingehen auf diese Art von Hemimorphie erübrigt sich infolgedessen an dieser Stelle.

Die pyramidalen und trapezoëdrischen Halbflächner liefern gleiche hemimorphe (tetartomorphe) Formen:

Analog den Erscheinungen der Hemimorphie im hexagonalen System, (Seite 74 und 75), ergeben die tetragonalen Doppelpyramiden I. und II. Art hier **einfache tetragonale Pyramiden I. und II. Art,** welche wie dort nach oben, bzw. unten offen sind und infolgedessen niemals allein vorkommen können.

Nur durch die Stellung unterscheiden sich von diesen beiden Arten die von den tetragonalen Doppelpyramiden III. Art sich ableitenden **einfachen tetragonalen Pyramiden III. Art.**

Das basische Pinakoid zerfällt wiederum in ein oberes und ein unteres **Pedion.**

In diese Klasse gehört z. B. der Wulfenit, von dem Abb. 191 einen Krystall darstellt.

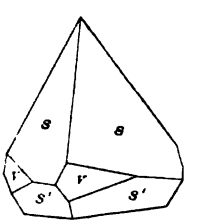


Abb. 191.

Eine obere tetragonale Pyramide I. Art, *s*, herrscht vor und ist combiniert mit dem unteren Pedion und einer unteren, kleiner ausgebildeten tetragonalen Pyramide I. Art, *s'*; *v* sind die Flächen eines tetragonalen Prismas III. Art.

IV. Rhombisches System.

Holoëdrie.

Der Name ist wiederum von der Umrißform der Horizontalquerschnitte abgeleitet, welche bei den Pyramiden und Prismen dieses Systems »Rhomben«, d. h. Vierecke mit gleichen Seiten, aber zweierlei Winkeln, darstellen.

Das rhombische Achsenkreuz hat mit dem regulären und tetragonalen die Dreizahl und Stellung der Achsen gemein, unterscheidet sich aber von ihnen bezüglich der Wertigkeit der Achsen: Alle drei Achsen sind hier ungleichwertig; eine Hauptachse, wie im hexagonalen und tetragonalen System, ist deshalb hier nicht vorhanden.

Die Unterscheidung der sechs Achsenhälften durch positives und negatives Vorzeichen sowie die Buchstaben *a*, *b* und *c* ist dieselbe wie bei den übrigen dreiachsigen Systemen (vergl. dazu Seite 26 und 30).

Die Achsen bilden in den oben erwähnten rhombischen Querschnitten die Diagonalen.

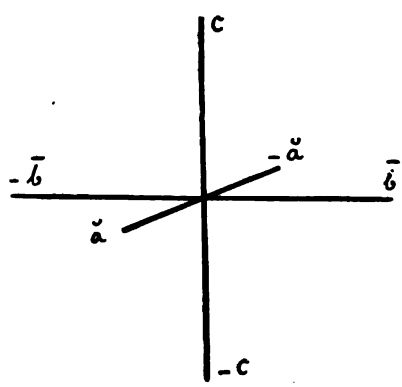


Abb. 192.

Man pflegt die senkrechten rhombischen Prismen und die Doppelpyramiden so aufzustellen, daß die längere Diagonale des horizontalen Querschnitts in der Richtung der *b*-Achse am Beschauer vorbeigeht, während die kürzere, in der Richtung der *a*-Achse liegende, auf ihn zukommt.

Nach einem Vorschlage Naumanns wird deshalb die *b*-Achse auch »Makrodiagonale«, (μακρός, makros, groß, lang), die *a*-Achse »Brachydiagonale«, (βραχύς, brachys, kurz), genannt und erstere mit $\bar{b}$, letztere mit $\breve{a}$ bezeichnet (Abb. 192).

Manche nennen die *a*-Achse auch »Längsachse« und die *b*-Achse »Querachse«; doch ist diese Bezeichnungsweise jetzt weniger gebräuchlich.

Von den drei senkrecht aufeinanderstehenden, je mit zwei Achsen zusammenfallenden Symmetrieebenen nimmt keine eine bevorzugte Stellung ein.

Der Raum wird, wie im regulären und tetragonalen System, durch die drei Symmetrieebenen in acht gleiche Teile, Oktanten, zerlegt.

Wie bei den hexagonalen und tetragonalen Formen werden die in der *c*-Achse zusammenlaufenden Kanten »Polkanten«, die von diesen gebildeten Ecken »Polecken« genannt; zum Unterschied von den Rand- oder Mittelecken, welche zumeist in die horizontale Symmetrieebene fallen.

Bei den Naumannschen Zeichen wird wiederum *P* als Symbol für die Grunddoppelpyramiden gewählt (vergl. hierzu Seite 29, 54 und 79). Der

Parameter der *c*-Achse, *m*, wird vor das *P* gestellt, derjenige der *a*- oder *b*-Achse, *n*, dahinter.

Wegen der Ungleichwertigkeit der beiden horizontalen Achsen macht sich hier noch ein Unterscheidungszeichen nötig, welches ausdrückt, ob *n* für die *a*- oder *b*-Achse gilt. Naumann wählte die Zeichen: υ für die *a*-Achse und — für die *b*-Achse; dieselben finden über dem *P* Platz[1]).

Die Weißschen und Graßmann-Millerschen Symbole bedürfen keiner besonderen Unterscheidungsmerkmale, da in ersteren schon durch die Buchstaben *a*, *b* und *c*, in letzteren durch *h*, *k* und *l* die Ungleichwertigkeit der Achsen angedeutet wird.

Infolge der einfacheren Symmetrieverhältnisse reduziert sich im rhombischen System die Anzahl der möglichen allseitig geschlossenen Formen noch mehr, während die Zahl der offenen wächst.

Man kann folgende sieben holoëdrische Formen unterscheiden:

A. Allseitig geschlossene Formen:
1. Rhombische Doppelpyramiden;
   a) Die Grunddoppelpyramide,
   b) Rhombische Doppelpyramiden der vertikalen Reihe,
   c) » » » » makrodiagonalen Reihe,
   d) » » » » brachy- » » .

B. Offene Formen:
2. Rhombische (Vertikal-) Prismen:
   a) Das Rhombische Grundprisma,
   b) Rhombische Prismen der makrodiagonalen Reihe,
   c) » » » brachy- » » ;
3. Makrodomen;
4. Brachydomen;
5. Das Makropinakoid;
6. Das Brachypinakoid;
7. Das basische Pinakoid.

1. Die **rhombischen Doppelpyramiden,** (Bipyramiden), werden von acht ungleichseitigen Dreiecken umschlossen, (Abb. 193) (a. f. S.).

Man kann an ihnen dreierlei Kanten unterscheiden: Vier längere, schärfere und vier kürzere, stumpfere Polkanten, von denen je zwei oben und unten in einer zweiundzweikantigen Polecke zusammenlaufen; außerdem sind noch vier gleiche Randkanten vorhanden, welche in der horizontalen Symmetrieebene liegen und einen Rhombus umschließen.

Außer den beiden zweiundzweikantigen Polecken sind noch zwei spitzere und zwei stumpfere zweiundzweikantige Randecken vorhanden, welche von je zwei schärferen Polkanten und zwei Mittelkanten, bzw. von je zwei stumpfen Polkanten und zwei Mittelkanten gebildet werden und paarweise in den Horizontalachsen liegen.

---

[1]) Manche Autoren setzen das Zeichen —, bzw. υ über die Zahl hinter dem *P*.

Von den an einem rhombisch krystallisierenden Mineral vorkommenden Doppelpyramiden wählt man, wie schon früher (S. 29 und S. 54) erwähnt, eine als **Grundpyramide** aus und gibt ihr eine solche Stellung, daß die kürzeste Diagonale mit der Richtung der a-Achse zusammenfällt.

Setzt man dann den Parameter auf der b-Achse gleich 1, so muß derjenige der a-Achse immer kleiner als 1 sein, während der c-Achsenabschnitt größer oder kleiner als 1 sein kann.

Die schärferen Polkanten liegen an einer solchen Grunddoppelpyramide also immer rechts und links, die stumpferen vorn und hinten.

Das Weißsche Zeichen für die Grundpyramide ist: $(a : b : c)$; das Naumannsche: P; das Graßmann-Millersche: $\{111\}$.

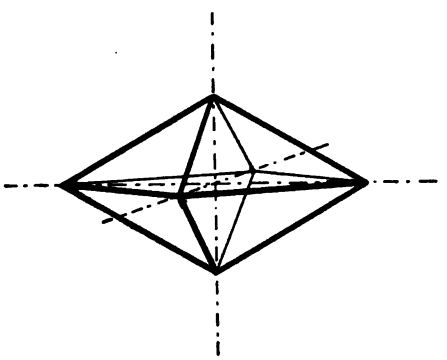


Abb. 193.

Von jeder derartigen Grunddoppelpyramide P lassen sich zunächst dadurch weitere, — spitzere oder stumpfere —, rhombische Doppelpyramiden ableiten, daß der c-Achsenabschnitt größer oder kleiner als derjenige der Grundpyramide, — also größer oder kleiner als 1 —, gemacht wird, während die anderen beiden Parameter unverändert bleiben.

Es ist dies die sogenannte **„vertikale Reihe" der rhombischen Doppelpyramiden.**

Das allgemeine Weißsche Zeichen für dieselben lautet: $(a : b : mc)$, das Naumannsche: mP, das Graßmann-Millersche: $\{hhl\}$, worin h bei den spitzeren Formen größer, bei den stumpferen kleiner als l sein muß.

Z. B. $(a : b : \frac{1}{4}c)$ ist bei Naumann: $\frac{1}{4}P$, bei Graßmann-Miller: $\{114\}$; oder: $(a : b : 3c)$; bei Naumann: $3P$; bei Graßmann-Miller: $\{331\}$; oder: $(a : b : 5c)$, wird bei Naumann: $5P$, bei Graßmann-Miller: $\{551\}$.

Ferner kann man, von der Grunddoppelpyramide sowie von jeder abgeleiteten rhombischen Doppelpyramide ausgehend, zwei weitere Reihen von Doppelpyramiden erhalten, wenn man das eine Mal den Abschnitt auf der b-Achse (Makrodiagonale), das andere Mal den auf der a-Achse (Brachydiagonale) größer[1]) als 1 macht, während der c-Achsenabschnitt und der Parameter der zweiten Horizontalachse unverändert bleibt.

---

1) Macht man den Abschnitt auf der a-, bzw. der b-Achse kleiner als 1, so entstehen Formen, die mit solchen der anderen Reihe, bei denen der Achsenabschnitt entsprechend größer als 1 ist, identisch sind. Die makrodiagonale Form $\left(a : \frac{1}{n} b : c\right)$, $\breve{P}\frac{1}{n}$, gleicht der brachydiagonalen $(na : b : mc)$, $m\breve{P}n$, und umgekehrt: $\left(\frac{1}{n}a : b : c\right) = (a : nb : mc)$, bzw., $\breve{P}\frac{1}{n} = m\bar{P}n$; z. B. ist: $\breve{P}\frac{1}{2} = 2\bar{P}2$, und $\bar{P}\frac{1}{2} = 2\breve{P}2$. —

Vergrößert man den b-Achsenabschnitt, so erhält man die sogenannte: »Makrodiagonale Reihe«, während die aus der Vergrößerung des a-Achsenabschnitts resultierende Reihe die »Brachydiagonale Reihe« der rhombischen Doppelpyramiden heißt; man gebraucht wohl auch die kürzeren Bezeichnungen: Makropyramiden und Brachypyramiden.

Die **makrodiagonale Reihe der rhombischen Doppelpyramiden** (Makropyramiden) hat das allgemeine Weißsche Zeichen: $(a : nb : mc)$; das Naumannsche: $m\bar{P}n$ [1]; das Graßmann-Millersche: $\{hkl\}$, wobei h größer als k und $n = \frac{h}{k}$ ist.

Die von den Grundpyramiden sich ableitenden makrodiagonalen Doppelpyramiden haben die einfacheren Zeichen: $(a : nb : c)$ bzw. $\bar{P}n$, bzw. $\{hkh\}$; z. B. $(a : 3b : c) = \bar{P}3 = \{313\}$; oder $(a : 2b : \frac{1}{3}c) = \frac{1}{3}\bar{P}2$ [2] $= \{216\}$; oder $(a : 3b : \frac{3}{4}c) = \frac{3}{4}\bar{P}3 = \{314\}$.

Das allgemeine Weißsche Zeichen der **brachydiagonalen Reihe der rhombischen Doppelpyramiden** (Brachypyramiden) wird dagegen lauten: $(na : b : mc)$; das Naumannsche: $m\breve{P}n$ [3]; das Graßmann-Millersche: $\{hkl\}$, wobei h kleiner als k und $n = \frac{k}{h}$ ist.

Die von der Grunddoppelpyramide abgeleiteten brachydiagonalen Doppelpyramiden besitzen ebenfalls einfachere allgemeine Zeichen: $(na : b : c)$, bzw. $\breve{P}n$, bzw. $\{hkk\}$; z. B. $(4a : b : c)$ wird bei Naumann: $\breve{P}4$, bei Graßmann-Miller: $\{144\}$; oder: $(2a : b : \frac{4}{3}c) = \frac{4}{3}\breve{P}2$ [4] $= \{243\}$; oder $(5a : b : 5c) = 5\breve{P}5 = \{151\}$.

2. Wie im hexagonalen und tetragonalen System werden auch hier die von vertikalen Flächen begrenzten, oben und unten offenen Formen **„Prismen“** genannt.

Im rhombischen System gibt es nun außerdem noch zweiseitig offene, gestaltlich den Vertikalprismen vollkommen gleichende Gebilde, deren Flächen der a- bzw. der b-Achse parallel laufen. Dieselben werden bisweilen auch heute noch als horizontale Prismen: Längs- und Querprismen bezeichnet.

Um unliebsamen Verwechselungen vorzubeugen, nennt man diese Horizontalprismen nach einem Vorschlage Breithaupts jetzt meist Domen, (von $\delta\tilde{\omega}\mu\alpha$, doma, Dach; weil die beiden oberen Flächen wie ein Dach beiderseitig abfallen); also die der b-Achse (Makrodiagonale) parallel laufenden »Makrodomen« (Querdomen), die der a-Achse (Brachydiagonale) parallelen »Brachydomen« (Längsdomen); während der Name Prisma (Säule), lediglich für die Vertikalprismen reserviert bleibt, wie im hexagonalen und tetragonalen System.

---

1) »mP lang n« oder »mPn makro« zu sprechen.

2) Sprich »ein Drittel P lang zwei« oder »ein Drittel P zwei makro«.

3) »mP kurz n« oder »mPn brachy« zu sprechen.

4) Sprich: »Vier Drittel P kurz zwei« oder »Vier Drittel P zwei brachy«.

Die rhombischen Prismen und Domen werden von je vier paarweise parallelen Flächen gebildet; der Querschnitt hat immer rhombische Form; es sind also stets zweierlei Kanten vorhanden: Zwei schärfere und zwei stumpfere Prismen-, bzw. Domenkanten; dabei liegen gleichartige Kanten einander gegenüber, schneiden also ein und dieselbe Achse senkrecht.

An den Prismen wie an den Domen verbinden zwei Achsen je zwei gegenüberliegende, gleichartige Kanten; die dritte Achse wird im Unendlichen, d. h. praktisch gar nicht, geschnitten.

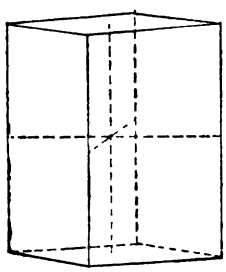


Abb. 194.

Von jeder rhombischen Grunddoppelpyramide läßt sich ein Prisma dadurch ableiten, daß der Abschnitt auf der c-Achse unendlich groß gemacht wird, während die Parameter auf der a- und b-Achse unverändert bleiben.

Dieses Prisma wird als **rhombisches Grundprisma** bezeichnet (Abb. 194); es stumpft der entsprechenden Grunddoppelpyramide die Mittelkanten gerade ab.

An einem derartigen Grundprisma liegen die schärferen Kanten immer rechts und links, die stumpferen immer vorn und hinten.

Das allgemeine Weißsche Zeichen lautet: $(a : b : \infty c)$, das Naumannsche: ∞P, das Graßmann-Millersche: $\{110\}$.

Von diesem Grundprisma leiten sich nun bei jedem rhombisch krystallisierenden Mineral zwei Reihen von weiteren (vertikalen) Prismen ab, in analoger Weise wie die drei Reihen verschiedener rhombischer Doppelpyramiden von den Grunddoppelpyramiden.

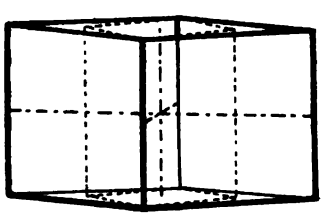


Abb. 195.

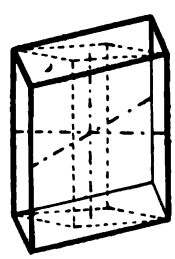


Abb. 196.

Vergrößert man den Abschnitt auf der b-Achse (Makrodiagonale), während der a-Achsenparameter unverändert bleibt, so ergiebt sich die sogenannte »Makrodiagonale Reihe« (Makroprismen), während umgekehrt eine Vergrößerung des a-Achsenabschnitts bei gleichbleibendem b-Achsenparameter die »brachydiagonale Reihe« (Brachyprismen) liefert.

Erstere kehren, genau wie die Grundprismen, die scharfen Kanten nach rechts und links (Abb. 195), letztere dagegen nach vorn und hinten (Abb. 196).

Das allgemeine Weißsche Zeichen der **rhombischen Prismen der makrodiagonalen Reihe** ist: $(a : nb : \infty c)$, bei Naumann: $\infty \breve{P} n$, bei Graßmann-Miller: $\{hk0\}$, wobei h größer als k und $n = \frac{h}{k}$ ist;

z. B. $(a : 2b : \infty c)$ wird bei Naumann: $\infty \breve{P} 2$, bei Graßmann-Miller $\{210\}$; oder: $(a : \frac{1}{3}b : \infty c) = \infty \breve{P} \frac{1}{3} = \{130\}$.

Die **brachydiagonale Reihe der rhombischen Prismen** hat das allgemeine Weißsche Zeichen: $(na : b : \infty c)$, das Naumannsche: $\infty \breve{P} n$, das Graßmann-Millersche: $\{hk0\}$, wobei k größer als h und $n = \frac{k}{h}$ ist; z. B. $(3a : b : \infty c)$ wird bei Naumann: $\infty \breve{P} 3$; bei Graßmann-Miller: $\{130\}$, oder: $(\frac{3}{2}a : b : \infty c) = \infty \breve{P} \frac{3}{2} = \{230\}$.

Die **Domen** des rhombischen Systems sind die den tetragonalen Doppelpyramiden II. Art entsprechenden Formen.

Von jeder rhombischen Doppelpyramide kann man in analoger Weise, wie bei der Ableitung des rhombischen Grundprismas erörtert, ein Makro- und ein Brachydoma herleiten, indem man nämlich das eine Mal den Abschnitt auf der b-Achse, das andere Mal den auf der a-Achse unendlich groß macht.

Je nach der jeweiligen Größe des c-Achsenabschnittes werden diese Domen oben und unten schärfere, — wenn nämlich m größer als 1 ist —, oder stumpfere, — wenn m kleiner als 1 ist —, Kanten besitzen, während die in der horizontalen Achsenebene liegenden beiden Kanten umgekehrt stumpfer, bzw. schärfer sind.

Die Domen werden im ersteren Falle steiler, im zweiten flacher sein.

3. Die vier Flächen der **Makrodomen** (Abb. 197), Querdomen, laufen der b-Achse (Makrodiagonale) parallel und können, — wie alle offenen Formen —, nur in Combination mit anderen vorkommen.

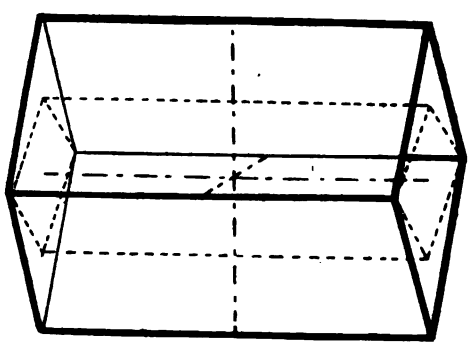


Abb. 197.

Das allgemeine Weißsche Zeichen lautet: $(a : \infty b : mc)$, das Naumannsche: $m\breve{P}\infty$, das Graßmann-Millersche: $\{h0l\}$.

Bei den flacheren Formen ist m kleiner als 1, und h kleiner als l, bei den steileren dagegen muß m größer als 1, und h größer als l sein; z. B. $(a : \infty b : 4c)$ wird bei Naumann: $4\breve{P}\infty$ und bei Graßmann-Miller: $\{401\}$; oder: $(a : \infty b : \frac{1}{4}c) = \frac{1}{4}\breve{P}\infty = \{504\}$; und andererseits: $(a : \infty b : \frac{1}{3}c) = \frac{1}{3}\breve{P}\infty = \{103\}$; oder: $(a : \infty b : \frac{1}{5}c) = \frac{1}{5}\breve{P}\infty = \{105\}$.

Die von den Grunddoppelpyramiden sich ableitenden »Grund«-Makrodomen haben die einfacheren Zeichen: $(a : \infty b : c)$, bzw. $\breve{P}\infty$ bzw. $\{101\}$.

4. Bei den **Brachydomen,** (Längsdomen), (Abb. 198) (a. f. S.) gehen die vier Flächen der a-Achse (Brachydiagonale), parallel, stumpfen also einer entsprechenden rhombischen Doppelpyramide die rechten und linken Polkanten gerade ab.

Das allgemeine Weißsche Zeichen ist: $(\infty a : b : mc)$, das Naumannsche: $m\breve{P}\infty$, das Graßmann-Millersche: $\{0kl\}$.

Ist darin m kleiner als 1, bzw. k kleiner als l, so werden flachere Formen resultieren; und umgekehrt steilere, wenn m größer als 1, bzw. k größer als l ist; z. B. $(\infty a : b : \frac{1}{3}c)$ wird bei Naumann: $\frac{1}{3}\breve{P}\infty$, bei Graßmann-Miller: $\{013\}$; oder: $(\infty a : b : \frac{1}{4}c) = \frac{3}{4}\breve{P}\infty = \{034\}$; und andererseits: $(\infty a : b : 3c) = 3\breve{P}\infty = \{031\}$; oder: $(\infty a : b : \frac{1}{3}c) = \frac{1}{3}\breve{P}\infty = \{043\}$.

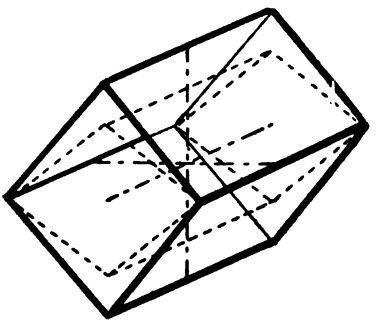


Abb. 198.

Die den Grunddoppelpyramiden entsprechenden »Grund«-Brachydomen, welche die Grenzformen zwischen den flacheren und steileren bilden, haben die einfacheren Symbole: $(\infty a : b : c)$, bzw. $\breve{P}\infty$, bzw. $\{011\}$.

Dem tetragonalen Prisma II. Art entsprechen im rhombischen System Makro- und Brachypinakoid.

Dieselben bestehen je aus nur zwei, einander parallelen Flächen, genau wie das basische Pinakoid im hexagonalen, tetragonalen (und rhombischen) System.

5. Die beiden senkrechten Flächen des **Makropinakoids** gehen der b-Achse (Makrodiagonale) und der senkrechten c-Achse parallel, schneiden also nur die a-Achse (Brachydiagonale). Man kann demnach an demselben eine vordere und eine hintere Fläche unterscheiden (Abb. 199).

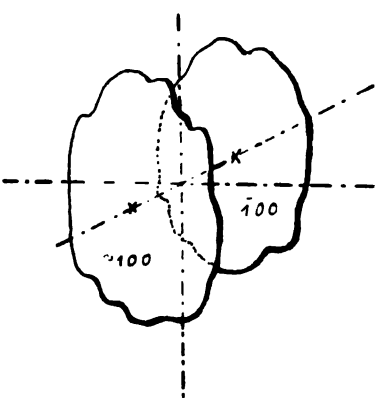


Abb. 199.

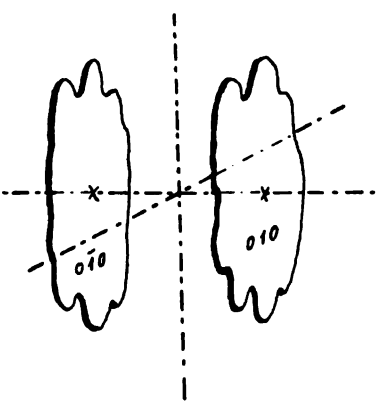


Abb. 200.

Das Weißsche Symbol lautet: $(a : \infty b : \infty c)$; das Naumannsche: $\infty\breve{P}\infty$; das Graßmann-Millersche: $\{100\}$.

6. Beim **Brachypinakoid** sind die beiden senkrechten Flächen der a-Achse (Brachydiagonale) und der c-Achse parallel; nur die b-Achse (Makrodiagonale) wird geschnitten; es ist also eine rechte und eine linke Fläche vorhanden (Abb. 200).

Das Weißsche Zeichen ist demgemäß: $(\infty a : b : \infty c)$; das Naumannsche: $\infty \breve{P} \infty$; das Graßmann-Millersche: {010}.

7. Die beiden Flächen des **basischen Pinakoids** (Abb. 201) liegen, genau wie im hexagonalen und tetragonalen System, horizontal, gehen also der a- und b-Achse parallel und schneiden die c-Achse.

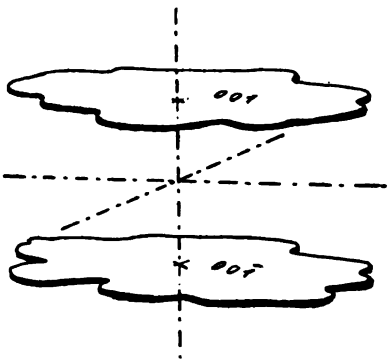


Abb. 201.

Man kann, wie dort, eine obere und eine untere Fläche unterscheiden. Die Symbole sind die gleichen wie im tetragonalen System, also: $(\infty a : \infty b : c)$ bei Weiß, bei Naumann: $0P$, bei Graßmann-Miller: {001}.

Die Beziehungen zwischen den einzelnen holoëdrischen Formen lassen sich auch hier am einfachsten und übersichtlichsten durch ein Schema veranschaulichen, welches den früher betrachteten analog ist (Abb. 202).

Die Eckplätze werden von den drei Pinakoiden: $0P$, $\infty \bar{P} \infty$ und $\infty \breve{P} \infty$ eingenommen.

Zwischen dem basischen Pinakoid, $0P$, und dem Makropinakoid, $\infty \bar{P} \infty$, liegt die Reihe der Makrodomen, $m \bar{P} \infty$; zwischen dem basischen Pinakoid, $0P$, und dem Brachypinakoid, $\infty \breve{P} \infty$, die Reihe der Brachydomen, $m \breve{P} \infty$. In der Mitte zwischen $\infty \breve{P} \infty$ und $\infty \bar{P} \infty$ steht das rhombische Grundprisma, ∞P; zwischen diesem und dem Makropinakoid, $\infty \bar{P} \infty$, gruppieren sich die rhombischen Prismen der makrodiagonalen Reihe: $\infty \bar{P} n$; und andererseits zwischen dem Grundprisma, ∞P, und dem Brachypinakoid, $\infty \breve{P} \infty$, diejenigen der brachydiagonalen Reihe: $\infty \breve{P} n$.

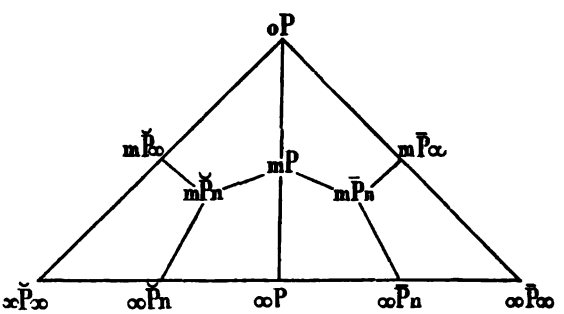


Abb. 202.

Das Dreieck wird durch die vertikale Reihe der zwischen dem Grundprisma, ∞P und dem basischen Pinakoid, $0P$, liegenden rhombischen Doppelpyramiden mP in zwei Teile zerlegt; den rechten Innenraum nehmen die makrodiagonalen Doppelpyramiden $m \bar{P} n$, den linken die brachydiagonalen $m \breve{P} n$ ein.

Im Schema liegen überhaupt alle makrodiagonalen Formen rechts, die brachydiagonalen dagegen links.

Combinationen.

Da die Anzahl der in die holoëdrische Abteilung des rhombischen Systems gehörenden häufigeren Mineralien eine sehr große ist, (es gehören unter anderen hierher: Schwefel, Antimonglanz, Markasit, Kupferglanz, Weißspießglanzerz, Brookit, Aragonit, Cerussit, Witherit, Baryt, Coelestin, Anglesit, Staurolith, Olivin, Topas, Liëvrit und andere mehr), mögen im nachfolgenden einige Combinationen rhombischer Holoëder Platz finden.

Je nachdem ein Pinakoid oder zwei solche vorherrschen, werden die Krystalle entweder mehr tafelförmige oder mehr säulenförmige Gestalt zeigen; beide Arten finden sich sehr häufig, während solche mit vorherrschenden Doppelpyramiden nur vereinzelt beobachtet werden können, z. B. am Schwefel.

Die Pinakoide stumpfen den Prismen, bzw. den Domen die Kanten gerade ab, und umgekehrt.

Die Combinationskanten zwischen den rhombischen Doppelpyramiden und den rhombischen Prismen, sowie diejenigen zwischen den Domen und den Pinakoiden verlaufen horizontal; dagegen steigen dieselben schräg auf und ab zwischen Doppelpyramiden und Pinakoiden, sowie zwischen Domen und rhombischen Prismen (vgl. die analogen Erscheinungen im tetragonalen System, S. 85).

An Combinationen der ersteren Art stumpfen steilere Doppelpyramiden, bzw. steilere Domen die horizontalen Combinations-Kanten ab, während umgekehrt an Combinationen der zweiten Art steilere Domen, bzw. steilere Doppelpyramiden eine Abstumpfung der Combinations-Ecken hervorrufen.

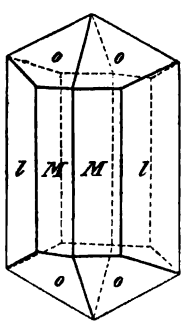


Abb. 203.

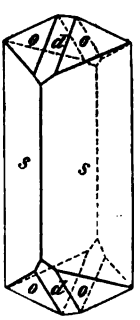


Abb. 204.

Abb. 203 zeigt einen nach der *c*-Achse prismatisch ausgebildeten Topaskrystall.

Die vorherrschenden Flächen *l* gehören einem Prisma der brachydiagonalen Reihe, $\infty \breve{P}2$, an; *o* ist die Grunddoppelpyramide *P*; *M* das Grundprisma ∞P.

Ferner ist in Abb. 204 ein ebenfalls nach der *c*-Achse gestreckter, prismatischer Liëvritkrystall abgebildet.

s gehört wieder dem brachydiagonalen Prisma $\infty \breve{P}2$ an, *o* der Grunddoppelpyramide *P*; die stumpferen Polkanten der letzteren werden von den Flächen *d* des Makrodomas $\bar{P}\infty$ gerade abgestumpft.

Die Abb. 205 und 206 stellen Barytkrystalle gleicher Combination dar; *a* ist das basische Pinakoid $0P$; *f* gehört dem Brachydoma $\breve{P}\infty$, *d* dem Makrodoma $\frac{1}{2}\bar{P}\infty$ an. Während aber der eine Krystall nach der *a*-Achse

gestreckt erscheint, ist der andere nach dem basischen Pinakoid tafelig ausgebildet.

Abb. 207 zeigt einen durch Vorherrschen des Brachypinakoids $\infty \breve{P} \infty$ tafelig entwickelten Baryt-Krystall der Combination: $\infty \breve{P} \infty$ (c), $\infty \bar{P} \infty$ (b) und P, (o).

In Abb. 208 schließlich ist ein Schwefelkrystall abgebildet, an welchem die rhombische Grunddoppelpyramide $P(o)$ vorherrscht. Außerdem sind

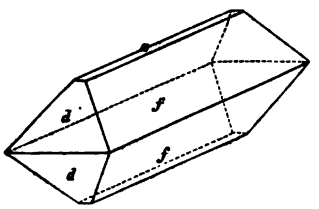


Abb. 205.

Abb. 206.

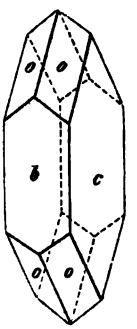


Abb. 207.

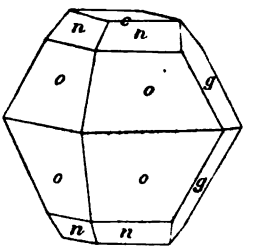


Abb. 208.

noch daran vorhanden: ein Brachydoma $\breve{P} \infty$ (g), das basische Pinakoid $0P(c)$ und eine stumpfere Doppelpyramide der vertikalen Reihe $\frac{1}{3}P$, deren Flächen n die Combinationskanten zwischen P und $0P$ abstumpfen.

Die Teilflächner des rhombischen Systems.

Im rhombischen System ist außer der Hemimorphie nur noch eine Art von Hemiëdrie möglich: die

Sphenoidische Hemiëdrie.

Nur die rhombischen Doppelpyramiden ergeben in derselben Formen, welche gestaltlich von den Vollflächnern abweichen.

Dadurch, daß an einer solchen rhombischen Doppelpyramide nur die eine oder die andere Hälfte der acht Flächen zur Ausbildung gelangt, und zwar jene, welche sich nur in den Ecken berühren (Abb. 210), (a. f. S.), entstehen zwei von je vier ungleichseitigen Dreiecken umschlossene **rhombische Sphenoide** (Abb. 209 und 211), welche den tetragonalen mehr oder weniger ähnlich sehen, sich aber von diesen unter anderem dadurch unterscheiden, daß die beiden horizontalen Kanten sich nicht rechtwinklig sondern unter schiefen Winkeln kreuzen.

Es sind dreierlei Kanten vorhanden, von denen die gleichen sich paarweise gegenüberliegen: zwei horizontale Kanten, sowie zwei längere, stumpfere und zwei kürzere, schärfere im Zickzack auf- und absteigende Kanten.

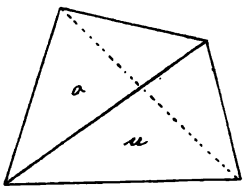


Abb. 209.

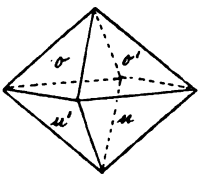


Abb. 210.

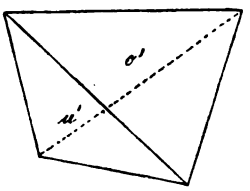


Abb. 211.

Zwei zusammengehörige rhombische Sphenoide lassen sich nicht wie die tetragonalen durch Stellungsänderung miteinander zur Deckung bringen; sie sind enantiomorph, spiegelbildlich.

Die rhombischen Sphenoide haben das allgemeine Weißsche Zeichen: $+\left(\frac{a:b:mc}{2}\right)$ und $-\left(\frac{a:b:mc}{2}\right)$, bzw. $+\left(\frac{a:nb:mc}{2}\right)$ und $-\left(\frac{a:nb:mc}{2}\right)$; das Naumannsche: $+\frac{mP}{2}$ und $-\frac{mP}{2}$, bzw. $+\frac{m\bar{P}n}{2}$ und $-\frac{m\bar{P}n}{2}$; bzw. $+\frac{m\breve{P}n}{2}$ und $-\frac{m\breve{P}n}{2}$; das Graßmann-Millersche: $\varkappa\{hhl\}$ und $\varkappa\{h\bar{h}l\}$, bzw. $\varkappa\{hkl\}$ und $\varkappa\{h\bar{k}l\}$.

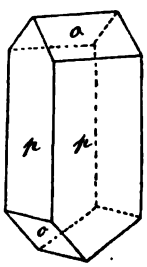


Abb. 212.

Dieser Abteilung gehören nur sehr wenige Mineralien an z. B. Bittersalz und Zinkvitriol.

Abb. 212 zeigt einen Bittersalzkrystall der Combination des rhombischen Prismas ∞P (p) und eines positiven Sphenoids: $\frac{mP}{2}$ (o).

Hemimorphie.

Wie in den hemimorphen Abteilungen des hexagonalen und tetragonalen Systems, so kommt auch hier die horizontale Symmetrieebene in Wegfall; die anderen beiden ungleichwertigen, senkrechten Symmetrieebenen bleiben bestehen.

Es sind, wie dort, immer nur die Flächen der oberen oder unteren Hälfte einer Form zusammengehörig.

Die rhombischen Doppelpyramiden zerfallen, analog den Vorgängen im hexagonalen und tetragonalen System, in je zwei einseitig offene (obere, bzw. untere), **rhombische Pyramiden;** von den Domen sind nur die oberen oder die unteren beiden Flächen ausgebildet, und das basische Pinakoid liefert wiederum ein oberes und ein unteres **„Pedion".** Von Mineralien gehören unter anderen in diese Klasse: Struvit (Ammoniummagnesiumphosphat) und Kieselzinkerz.

Abb. 213 zeigt einen Struvitkrystall; an demselben herrschen die Flächen eines oberen Makrodomas $\bar{P}\infty$ (a) vor; ebenso ist das untere Pedion $0P$ (o) groß entwickelt. Die Combinationskanten zwischen beiden werden durch schmale Flächen m eines unteren Makrodomas $\frac{1}{3}\bar{P}\infty$ abgestumpft. Rechts und links treten außer den Flächen des Brachypinakoids $\infty\check{P}\infty$ (n) noch zwei obere Brachydomen: $4\check{P}\infty$ (b) und $\check{P}\infty$ (c) auf.

In Fig. 214 ist ferner ein Krystall von Kieselzinkerz abgebildet.

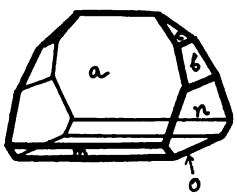


Abb. 213.

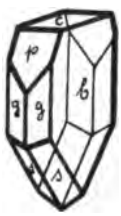


Abb. 214.

Derselbe ist infolge Vorherrschens des Brachypinakoids $\infty\check{P}\infty$ (b) nach diesem tafelig entwickelt. Am oberen Ende treten außer dem oberen Pedion $0P$ (c) noch zwei Flächen eines oberen Makrodomas $3\check{P}\infty$ (p) auf. Vorn, bzw. hinten liegen je zwei Flächen des Grundprismas ∞P (g). Unten wird die Combination von den vier Flächen einer unteren rhombischen Pyramide der brachydiagonalen Reihe $2\check{P}2$ (s) begrenzt.

V. Monoklines System.

Holoëdrie.

Der Name rührt, wie schon früher (S. 27) erwähnt, daher, daß die eine der drei ungleichwertigen Achsen zu einer der beiden anderen schief geneigt steht (*μόνος*, monos, eine; *κλίνων*, klinon, sich neigend).

Die eine der beiden sich unter schiefen Winkeln schneidenden Achsen wird vertikal gestellt (als *c*-Achse), die andere verläuft als *a*-Achse von vorn unten schräg nach hinten oben, während die dritte, die beiden anderen rechtwinklig schneidende, als *b*-Achse sich in horizontaler Richtung von rechts nach links erstreckt (Abb. 215).

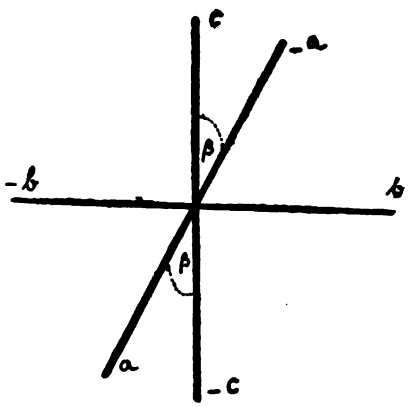


Abb. 215.

Die Neigung der *a*-Achse zur *c*-Achse ist bei den verschiedenen monoklin krystallisierenden Substanzen eine verschiedene, und infolgedessen werden einunddieselben Formen bei verschiedenen Substanzen gestaltlich mehr oder weniger voneinander abweichen, je nachdem die Neigung der *a*-Achse viel oder wenig differiert.

Schneidet die *a*-Achse die Vertikale unter einem 90° nahekommenden Winkel, so werden die betreffenden monoklinen Formen entsprechenden rhombischen außerordentlich ähneln.

Der (spitzere) Winkel β zwischen *a*- und *c*-Achse ist bei jeder genaueren Angabe der Formen eines monoklin krystallisierenden Minerals mit aufzuführen.

Analog der Bezeichnungsweise im rhombischen System, nämlich: Makrodiagonale für die *b*-Achse und Brachydiagonale für die *a*-Achse, pflegt man hier die *b*-Achse »Orthodiagonale«, (*ὀρθός*, orthos, gerade, rechtwinklig) und die *a*-Achse »Klinodiagonale« (*κλίνων*, klinon, sich neigend) zu nennen.

Die Bezeichnungen Längsachse und Querachse sind im monoklinen System weniger zu empfehlen.

Wegen des Vorhandenseins nur einer einzigen Symmetrieebene nennt man es wohl auch das »monosymmetrische« System.

Diese einzige Symmetrieebene fällt mit der Richtung der *a*- und *c*-Achse zusammen, erstreckt sich also in senkrechter Richtung von vorn nach hinten und zerlegt den Raum in zwei gleiche Hälften: eine rechte und eine linke.

Bei den Naumannschen Symbolen gilt wiederum $(\pm) P$ für die den hexagonalen, tetragonalen und rhombischen Grunddoppelpyramiden entsprechenden Formen; *m*, vor das *P* gestellt, bezieht sich ebenfalls wieder auf die *c*-Achsenabschnitte; *n*, auf diejenigen der *a*- und *b*-Achse bezüglich, findet hinter dem *P* Platz.

Die Koëffizienten n der beiden ungleichwertigen Achsen a und b werden, — analog der Bezeichnungsweise mit — und υ im rhombischen System —, hier mittels eines gerade (—), bzw. schräg (\) durch das P geführten Striches unterschieden, wobei natürlich — für die orthodiagonalen, und \ für die klinodiagonalen Formen gilt[1]).

Allseitig geschlossene einfache Formen fehlen im monoklinen System; es sind also nur offene Formen vorhanden.

Es lassen sich folgende sieben holoëdrische Formen unterscheiden:

1. Vordere und hintere, bzw. + und —, Hemipyramiden:
   a) Grundpyramiden,
   b) Hemipyramiden der vertikalen Reihe,
   c) » » orthodiagonalen Reihe,
   d) » » klinodiagonalen » ;
2. Monokline (Vertikal)-Prismen:
   a) Grundprismen,
   b) Prismen der orthodiagonalen Reihe,
   c) » » klinodiagonalen » ;
3. Vordere und hintere, bzw. + und —, Hemidomen (Orthodomen);
4. Klinodomen;
5. Das Orthopinakoid;
6. Das Klinopinakoid;
7. Das basische Pinakoid.

1. Die bezüglich des Achsenkreuzes den Flächen der tetragonalen und rhombischen Doppelpyramiden entsprechend liegenden Flächen im monoklinen System gehören eigentlich gar keinen Pyramiden, sondern Prismen (oder Domen) an, welche auch »Prismen IV. Art« genannt werden, weil sie keiner der drei Achsen parallel gehen.

Man bezeichnet diese Formen, in Analogie mit den Doppelpyramiden der anderen Systeme, aber auch heute noch meist als **monokline Hemipyramiden** ($\eta\mu\iota$-, hemi = halb; Halbpyramiden), weil allemal zwei zusammengehörige eine den erwähnten Doppelpyramiden gestaltlich entsprechende, allseitig geschlossene Combination geben, welche scheinbar eine monokline Doppelpyramide darstellt.

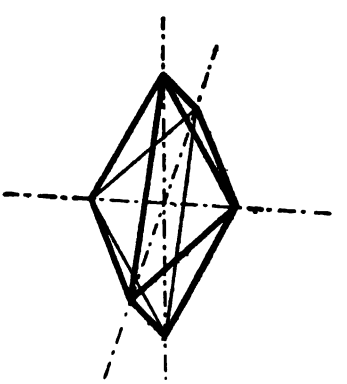


Abb. 216.

Eine derartige Combination (Abb. 216) wird von acht ungleichseitigen Dreiecken umschlossen, welche in zwei verschiedene Gruppen von je vier

1) Manche Autoren setzen das Unterscheidungszeichen |, bzw. \ über die Zahl hinter dem P; z. B. $3\,P\dot{3}$.

zerfallen. Je vier zusammengehörige Flächen laufen einander paarweise parallel, wie eben die Flächen eines jeden vier- und gleichseitigen Prismas.

Die vier gleichen Randkanten der Combination liegen in der die *a*- und *b*-Achse verbindenden Ebene.

Außerdem sind noch dreierlei Polkanten daran zu beobachten.

Gleichartige Dreiecke liegen paarweise an den vorderen und hinteren (klinodiagonalen) Polkanten.

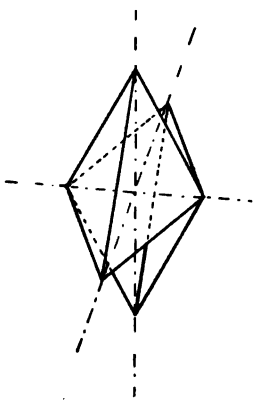


Abb. 217.

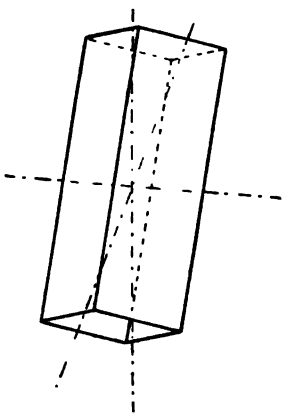


Abb. 218.

Eine vordere Hemipyramide wird von den beiden vorn oben und hinten unten liegenden gleichartigen Flächenpaaren gebildet (Abb. 217), stellt also ein von vorn unten nach hinten oben verlaufendes vierseitiges Prisma dar (Abb. 218).

Zu einer hinteren Hemipyramide gehören die übrigen vier Flächen; also die beiden hinten oben, bzw. vorn unten gelegenen Flächenpaare (Abb. 219); dieselben bilden umgekehrt ein von vorn oben nach hinten unten verlaufendes vierseitiges Prisma (Abb. 220).

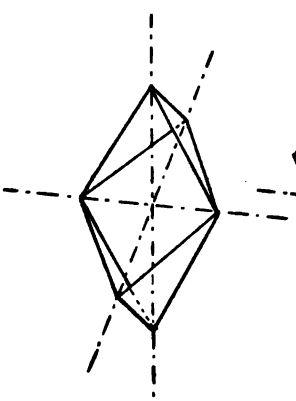


Abb. 219.

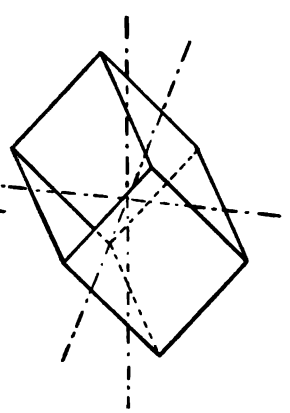


Abb. 220.

Naumann bezeichnet die vorderen Hemipyramiden als negative (—), die hinteren als positive (+).

Der positiven (hinteren) Hemipyramide gehören die Flächen: $(-a' : b : c)$, $(-a' : -b : c)$, $(a' : b : -c)$ und $(a' : -b : -c)$ an; der negativen (vorderen) aber: $(a : b : c)$, $(a : -b : c)$, $(-a : b : -c)$ und $(-a : -b : -c)$.

Die hinteren, positiven Hemipyramiden und Hemidomen werden in den Weißschen Symbolen durch einen oben rechts neben das *a* gesetzten Accent (oder Strich): ′ von den vorderen negativen unterschieden.

Die für jedes monoklin krystallisierende Mineral besonders zu wählenden,

(vergl. S. 29 und 54), **„Grund"-Hemipyramiden** werden das allgemeine Weißsche Symbol $(a' : b : c)$, bzw. $(a : b : c)$ haben; Naumann bezeichnet dieselben mit $+P$ und $-P$; Graßmann-Miller mit $\{\bar{1}11\}$, bzw. $\{111\}$.

In genau derselben Weise wie im rhombischen System lassen sich nun von jedem Grundhemipyramidenpaar drei Reihen von weiteren Hemipyramidenpaaren ableiten:

Durch Vergrößerung oder Verkleinerung des c-Achsenabschnittes bei unverändertem a- und b-Achsenparameter erhält man eine Reihe steilerer, bzw. flacherer Hemipyramidenpaare, welche, — genau wie im rhombischen System —, die **„vertikale Reihe" der Hemipyramiden** genannt wird.

Das allgemeine Weißsche Zeichen dafür lautet: $(a' : b : mc)$, bzw. $(a : b : mc)$, das Naumannsche: $+mP$ und $-mP$, das Graßmann-Millersche $\{\bar{h}hl\}$, bzw. $\{hhl\}$.

Ist m größer als 1, so resultieren steilere Formen, bei kleinerem m dagegen stumpfere.

In den Graßmann-Millerschen Zeichen ist bei den steileren Hemipyramiden h größer als l, bei den stumpferen h kleiner als l;

z. B. wird $(a' : b : 2c)$ bei Naumann: $2P$, bei Graßmann-Miller: $\{\bar{2}21\}$; oder $(a : b : 3c) = -3P = \{331\}$; oder $(a' : b : \frac{4}{3}c) = \frac{4}{3}P = \{\bar{4}43\}$; und anderseits: $(a : b : \frac{1}{4}c) = -\frac{1}{4}P = \{\bar{1}14\}$; oder: $(a' : b : \frac{5}{8}c) = \frac{5}{8}P = \{\bar{5}58\}$.

Weiterhin kann man, — in genau derselben Weise wie im rhombischen System —, von jedem Grundhemipyramidenpaar, wie auch von jedem Paar der vertikalen Reihe, zwei weitere Reihen von Hemipyramidenpaaren ableiten, indem man das eine Mal den b-Achsenabschnitt (die Orthodiagonale) vergrößert, das andere Mal den a-Achsenabschnitt (die Klinodiagonale), während die beiden anderen Parameter unverändert bleiben; im ersten Falle erhält man die sogenannten »orthodiagonale«, in letzterem die »klinodiagonale« Reihe von Hemipyramidenpaaren.

Die **orthodiagonale Reihe der monoklinen Hemipyramiden** (auch kurz »Orthopyramiden« genannt) hat das allgemeine Weißsche Zeichen: $(a' : nb : mc)$, bzw. $(a : nb : mc)$; das Naumannsche: $+mPn$ und $-mPn$ [1]; das Graßmann-Millersche: $\{\bar{h}kl\}$, bzw. $\{hkl\}$, wobei m größer als 1, und h größer als k sein muß;

z. B. $(a' : 3b : 2c)$ ist bei Naumann: $2P3$, und bei Graßmann-Miller: $\{\bar{6}23\}$; oder: $(a : 4b : \frac{4}{3}c) = -\frac{4}{3}P4$ [2] $= \{\bar{4}13\}$; oder: $(a : 5b : 5c) = -5P5 = \{\bar{5}11\}$.

Für die von den jeweiligen Grundformen sich ableitenden orthodiagonalen Hemipyramidenpaaren vereinfachen sich die allgemeinen Symbole zu $(a' : nb : c)$, bzw. $(a : nb : c)$, und $+Pn$ bzw. $-Pn$, sowie $\{\bar{h}kh\}$, bzw. $\{hkh\}$; z. B. $(a' : 3b : c)$ ist bei Naumann: $P3$, und bei Graßmann-Miller:

---

1) »mP gerade n« oder »mPn ortho« zu sprechen.

2) Sprich »minus vier Drittel P gerade vier« oder »minus vier Drittel P vier ortho«.

$\{\bar{3}13\}$; oder: $(a : 5b : c) = -\mathfrak{P}5 = \{515\}$; oder: $(a' : \frac{1}{3}b : c) = +\mathfrak{P}\frac{1}{3} = \{\bar{1}34\}$.

Das allgemeine Weißsche Zeichen der **klinodiagonalen Reihe der monoklinen Hemipyramiden,** (»Klinopyramiden«) lautet dagegen: $(na' : b : mc)$ bzw. $(na : b : mc)$; das Naumannsche: $+m\mathfrak{P}n$ [1]) und $-m\mathfrak{P}n$; das Graßmann-Millersche: $\{\bar{h}kl\}$ bzw. $\{hkl\}$, wobei h kleiner als k sein muß; z. B.: $(2a' : b : \frac{2}{3}c)$ wird bei Naumann: $\frac{2}{3}\mathfrak{P}2$ und bei Graßmann-Miller: $\{\bar{1}23\}$; oder: $(3a : b : 3c) = -3\mathfrak{P}3 = \{131\}$; oder: $(\frac{1}{3}a' : b : 3c) = -3\mathfrak{P}\frac{3}{2}$ [2]) $= \{\bar{2}31\}$.

Den von den Grundformen sich ableitenden klinodiagonalen Hemipyramidenpaaren kommen wiederum einfachere Zeichen zu, nämlich: $(\infty a' : b : c)$, bzw. $(\infty a : b : c)$, und $+\mathfrak{P}n$, bzw. $-\mathfrak{P}n$, sowie $\{\bar{h}kk\}$ und $\{hkk\}$;

z. B. $(3a : b : c) = -\mathfrak{P}3 = \{133\}$; oder: $(\frac{1}{2}a' : b : c) = +\mathfrak{P}\frac{1}{2} = \{\bar{2}33\}$; oder $(\frac{5}{4}a : b : c) = -\mathfrak{P}\frac{5}{4} = \{455\}$.

2. Auch im monoklinen System wird, — genau wie im rhombischen —, der Name »Prisma« nur für die vertikalen, der c-Achse parallelen, oben und unten offenen Flächenkomplexe gebraucht.

Diese **monoklinen Prismen** werden, ebenso wie die rhombischen Vertikalprismen, von vier paarweise einander parallelen Flächen gebildet; die a- und b-Achse verbinden gegenüberliegende gleichartige Kanten.

Der Horizontalquerschnitt ist, wie dort, ebenfalls immer ein Rhombus.

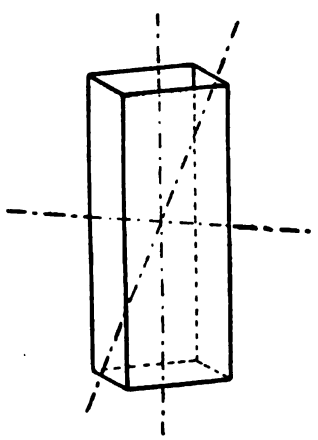


Abb. 221.

In gleicher Weise wie von den verschiedenen Doppelpyramiden im rhombischen System kann man hier von jedem monoklinen Hemipyramidenpaare ein (Vertikal-)Prisma dadurch ableiten, daß man den c-Achsenabschnitt unendlich groß macht.

Das auf diese Weise von dem als jeweilige Grundform gewählten Hemipyramidenpaare sich herleitende **monokline Grundprisma,** (monokline Säule), (Abb. 221), hat das Weißsche Zeichen: $(a : b : \infty c)$; das Naumannsche: ∞P; das Graßmann-Millersche $\{110\}$.

Jedes Hemipyramidenpaar der orthodiagonalen, bzw. der klinodiagonalen Reihe liefert in analoger Weise ein monoklines, vertikales Prisma.

Die erstere Art unterscheidet sich von dem Grundprisma durch den größeren b-Achsenparameter (Abb. 222), während bei der zweiten Art dieser unverändert bleibt und umgekehrt der a-Achsenabschnitt vergrößert wird (Abb. 223).

---

1) »mP schief n« oder »mPn klino« zu sprechen.

2) Sprich »minus drei P schief drei Halbe« oder »minus drei P drei Halbe klino«.

Die **monoklinen Prismen der orthodiagonalen Reihe,** (Orthoprismen), welche die schärferen Kanten nach rechts und links wenden (Abb. 222), haben das allgemeine Weißsche Zeichen: $(a : nb : \infty c)$; das Naumannnsche: $\infty P n$; das Graßmann-Millersche: $\{hk0\}$, wobei n immer größer als 1, und h größer als k sein muß; die Beziehung zwischen diesen drei veränderlichen Größen läßt sich durch die Formel: $n = \frac{h}{k}$ ausdrücken.

Z. B.: $(a : 2b : \infty c)$ wird bei Naumann: $\infty P 2$, und bei Graßmann-Miller: $\{210\}$; oder: $(a : \frac{1}{3}b : \infty c) = \infty P \frac{1}{3} = \{130\}$.

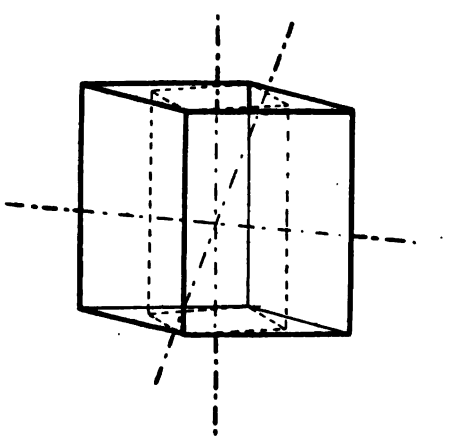


Abb. 222.

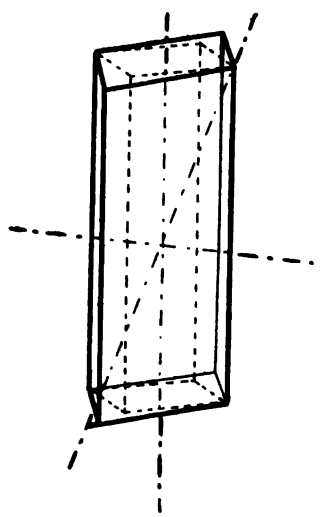


Abb. 223.

Die **monoklinen Prismen der klinodiagonalen Reihe,** (Klinoprismen), kehren dem Beschauer eine schärfere Kante zu, während die stumpferen rechts und links zu liegen kommen (Abb. 223).

Das allgemeine Weißsche Zeichen dafür lautet: $(na : b : \infty c)$; das Naumannsche: $\infty P n$; das Graßmann-Millersche: $\{hk0\}$, wobei n wieder größer als 1, h dagegen kleiner als k sein muß; also: $n = \frac{k}{h}$.

Z. B. $(\frac{1}{4}a : b : \infty c)$ ist bei Naumann: $\infty P \frac{1}{4}$ und bei Graßmann-Miller: $\{140\}$; oder: $(\frac{5}{4}a : b : \infty c) = \infty P \frac{5}{4} = \{450\}$.

3. Die den Makrodomen des rhombischen Systems entsprechenden monoklinen Formen, die »Orthodomen«, sind infolge der einfacheren Symmetrieverhältnisse hier keine einheitlichen vierflächigen Gebilde, sondern stellen, analog den Hemipyramiden, Combinationen zweier zusammengehöriger **Hemidomen,** (Hemiorthodomen), dar.

Dieselben bestehen aus je zwei parallelen Flächen, können also ebensogut »Pinakoide IV. Art« genannt werden.

Ihre Flächen schneiden die *a*- und *c*-Achse und gehen der *b*-Achse (Orthodiagonale) parallel, — genau wie die Flächen der rhombischen Makrodomen —.

An den Combinationen zweier zusammengehöriger Hemidomen sind oben und unten, bzw. vorn und hinten gleiche Combinationskanten vorhanden (Abb. 225).

Man unterscheidet zwischen vorderen und hinteren, bzw. negativen und positiven Hemidomen.

Die vorderen Hemidomen liegen in den stumpferen Winkelräumen zwischen *a*- und *c*-Achse, also vorn oben und hinten unten (Abb. 224), die hinteren dagegen in den spitzeren Winkeln; also hinten oben und vorn unten (Abb. 226).

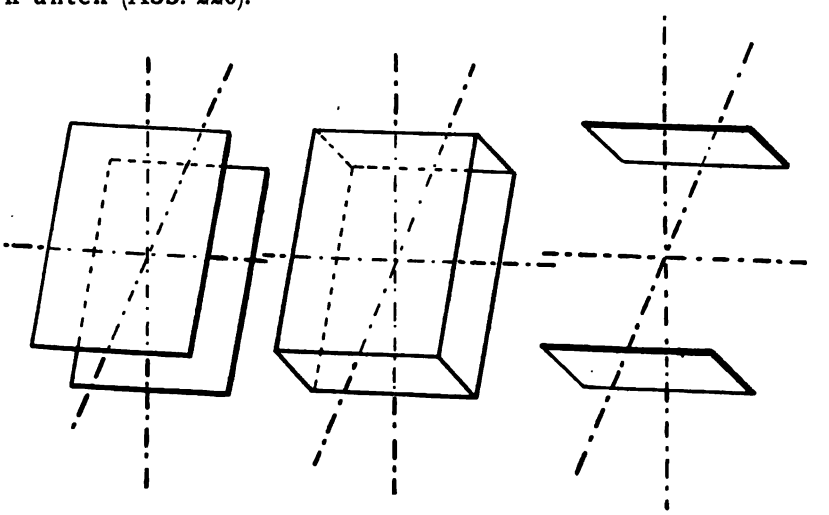


Abb. 224. Abb. 225. Abb. 226.

Naumann bezeichnet die vorderen, — analog den vorderen Hemipyramiden —, als negative, die hinteren als positive Hemidomen.

Je nachdem der *c*-Achsenabschnitt größer oder kleiner als 1 ist, werden die oberen, bzw. unteren Combinationskanten zweier zusammengehöriger Hemidomen schärfer oder stumpfer sein, bzw. die Flächen steiler oder flacher abfallen.

Die **vorderen, negativen Hemidomen** haben das allgemeine Weißsche Zeichen: $(a' : \infty b : mc)$, das Naumannsche: $-m\breve{P}\infty$, das Graßmann-Millersche: $\{h0l\}$.

Bei den flacheren Formen ist m kleiner als 1 und h kleiner als l, während bei den steileren umgekehrt m größer als 1 und h größer als l sein muß;

z. B.: $(a' : \infty b : \frac{1}{4}c)$ wird bei Naumann: $-\frac{1}{4}\breve{P}\infty$, und bei Graßmann-Miller: $\{104\}$; oder $(a' : \infty b : \frac{2}{3}c) = -\frac{2}{3}\breve{P}\infty = \{203\}$; oder: $(a' : \infty b : 5c) = -5\breve{P}\infty = \{501\}$.

Das allgemeine Weißsche Zeichen der **hinteren positiven Hemidomen** lautet: $(a : \infty b : mc)$, bei Naumann: $+ m P \infty$ bei Graßmann-Miller: $\{\bar{h}0l\}$; bezüglich der Werte von m, h und l bei den steileren und flacheren Formen gilt dasselbe wie bei den vorderen, positiven Hemidomen;

z. B.: $(a : \infty b : \frac{1}{3}c)$ wird bei Naumann: $+ \frac{1}{3} P \infty$ und bei Graßmann-Miller: $\{\bar{1}03\}$; oder: $(a : \infty b : \frac{3}{4}c) = + \frac{3}{4} P \infty = \{\bar{3}04\}$; oder: $(a : \infty b : 7c) = + 7 P \infty = \{\bar{7}01\}$.

Die von den jeweiligen Grundhemipyramiden sich ableitenden »Grund«-Hemidomen haben die einfacheren Zeichen: $(a' : \infty b : c)$, bzw. $(a : \infty b : c)$; und $- P \infty$, bzw. $+ P \infty$; sowie $\{101\}$ und $\{\bar{1}01\}$.

4. Die monoklinen **Klinodomen,** (Längsprismen), sind den Brachydomen des rhombischen Systems vollkommen analog.

Wie diese bestehen sie aus vier der a-Achse parallelen Flächen, welche einen von vorn unten nach hinten oben verlaufenden, mehr oder weniger geneigten, prismatischen Kanal bilden (Abb. 227).

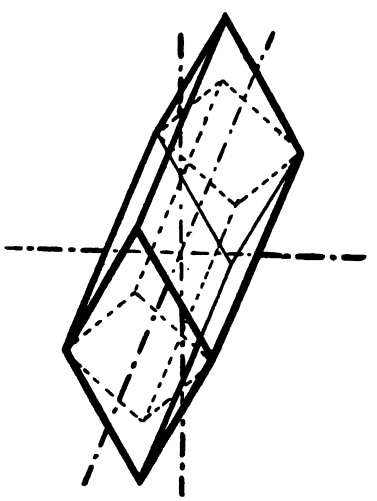


Abb. 227.

Das allgemeine Weißsche Zeichen dafür lautet: $(\infty a : b : mc)$; das Naumannsche: $m P \infty$; das Graßmann-Millersche $\{0kl\}$.

Ist m kleiner als 1, bzw. k kleiner als l, so zeigen die betreffenden Klinodomen flacheren Habitus; sie sind dagegen steiler, wenn m größer als 1, bzw. k größer als l ist;

z. B. $(\infty a : b : \frac{1}{4}c)$ wird bei Naumann: $\frac{1}{4} P \infty$ und bei Graßmann-Miller: $\{014\}$; oder $(\infty a : b : \frac{4}{5}c) = \frac{4}{5} P \infty = \{045\}$; und anderseits: $(\infty a : b : \frac{5}{4}c) = \frac{5}{4} P \infty = \{054\}$; oder $(\infty a : b : 7c) = 7 P \infty = \{071\}$.

Die Grenze zwischen den flacheren und den steileren Formen bilden auch hier wieder die den »Grund«-Hemipyramiden entsprechenden »Grund«-Klinodomen, mit den einfacheren Symbolen: $(\infty a : b : c)$, bzw. $P \infty$, bzw. $\{011\}$.

Die drei **monoklinen Pinakoide** sind denen des rhombischen Systems vollkommen analog; wie diese bestehen sie aus je zwei, einander parallelen Flächen, welche je zwei Achsen parallel gehen, während die dritte geschnitten wird.

5. Die beiden Flächen des **Orthopinakoids** verlaufen in senkrechter Richtung parallel der c- und b-Achse (Orthodiagonale) und schneiden nur die a-Achse (Klinodiagonale). Die eine Fläche liegt vorn, die andere hinten (Abb. 228) (a. f. S.).

Das Weißsche Symbol ist $(a : \infty b : \infty c)$; das Naumannsche: $\infty \breve{P} \infty$; das Graßmann-Millersche: {100}.

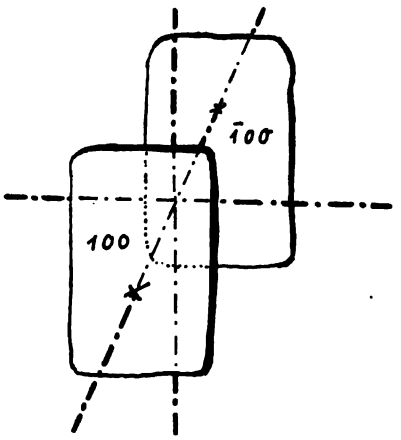


Abb. 228.

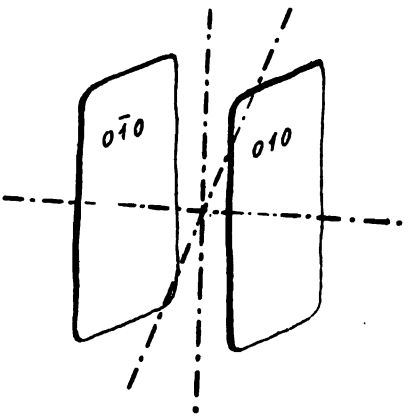


Abb. 229.

6. Auch die beiden Flächen des **Klinopinakoids** stehen senkrecht (Abb. 229), gehen aber nicht der b- sondern der a-Achse (Klinodiagonale) parallel; man kann also hier eine rechte und eine linke Fläche unterscheiden.

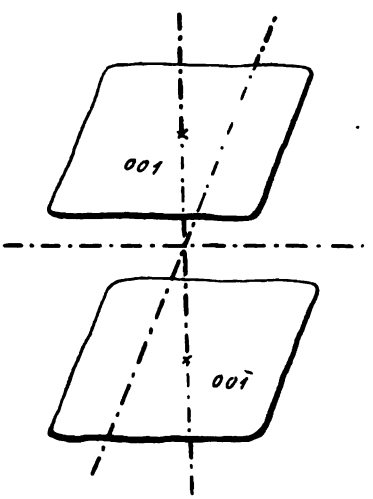


Abb. 230.

Das Weißsche Zeichen lautet demgemäß: $(\infty a : b : \infty c)$; das Naumannsche: $\infty \breve{P} \infty$; das Graßmann-Millersche: {010}.

7. Das basische Pinakoid, (die Basis), (Abb. 230), endlich besteht aus einer oberen und einer unteren Fläche, welche der a- und b-Achse parallel gehen, während die c-Achse geschnitten wird.

Die Flächen liegen aber zum Unterschied von den basischen Pinakoiden des hexagonalen, tetragonalen und rhombischen Systems nicht in der Horizontalebene, sondern sind, je nach der Größe des Winkels β zwischen a- und b-Achse, mehr oder weniger nach vorn geneigt.

Das Weißsche Zeichen ist: $(\infty a : \infty b : c)$; das Naumannsche: $0P$; das Graßmann-Millersche: {001}.

Combinationen.

Der holoëdrischen Abteilung des monoklinen Systems gehört eine ganze Reihe wichtiger Mineralien an, z. B. Realgar, Gyps, Epidot, Augit,

Hornblende, Orthoklas und andere mehr, weshalb einige der häufigeren Combinationen hier aufgeführt werden.

In Fig. 231 ist ein Gypskrystall abgebildet.

Derselbe ist nach dem Klinopinakoid $\infty\breve{P}\infty$, (*P*), tafelig entwickelt; die vier Flächen *f* gehören dem vertikalen Grundprisma ∞P an, während *l* die beiden parallelen Flächenpaare der vorderen, negativen Grundhemipyramide, $-P$, darstellt.

Abb. 232 zeigt dieselbe Combination nach der *c*-Achse säulenförmig ausgebildet; an den beiden Enden treten noch die Flächen *n* der hinteren, positiven Grundhemipyramide, $+P$, auf.

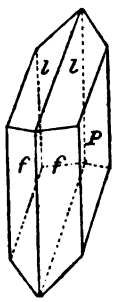


Abb. 231.

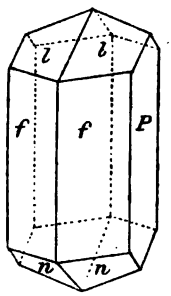


Abb. 232.

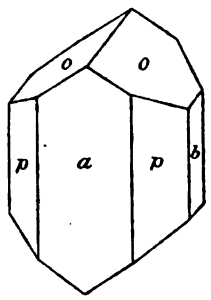


Abb. 233.

Abb. 233 stellt einen Augitkrystall dar; die vier Flächen *o* einer vorderen, negativen Hemipyramide, $-P$, und das Orthopinakoid $\infty\breve{P}\infty$ (*a*) herrschen vor. Außerdem sind noch vier Flächen eines (vertikalen) Prismas ∞P, (*p*), zu beobachten, dessen rechte bzw. linke Kante durch das Klinopinakoid $\infty\breve{P}\infty$, (*b*), gerade abgestumpft wird.

In Abb. 234 ist eine beim Kalifeldspat, (Orthoklas), sehr häufige Combination dargestellt.

Die Flächen des Klinopinakoids $\infty\breve{P}\infty$, (*M*), sind groß entwickelt, ebenso diejenigen des basischen Pinakoids $0P$, (*P*), und die eines hinteren, positiven Hemidomas $2\breve{P}\infty$, (*y*); *T* und *l* gehören dem monoklinen Prisma ∞P an.

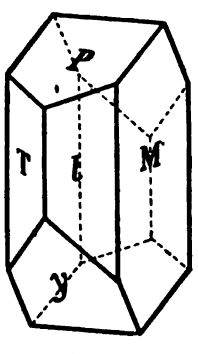


Abb. 234.

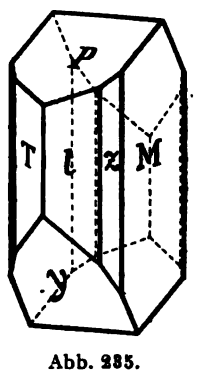


Abb. 235.

Abb. 235 zeigt dieselbe Combination, noch mit den Flächen eines klinodiagonalen (Vertikal-) Prismas $\infty\breve{P}3$, (*z*), welche die Combinationskanten zwischen dem Grundprisma und dem Klinopinakoid abstumpfen.

Die Teilflächner des monoklinen Systems.

Auch im monoklinen System ist, wie im rhombischen, außer der Hemimorphie nur noch eine Art von Hemiëdrie möglich; in derselben kommt die einzige vorhandene Symmetrieachse in Wegfall.

Zwei zusammengehörige Hemipyramiden liefern in dieser hemiëdrischen Abteilung vier **Viertelpyramiden,** (Tetartopyramiden); es gehören bei denselben je zwei neben einer klinodiagonalen Polkante liegende Flächen zusammen; also: die beiden Flächen vorn oben rechts und links; hinten unten rechts und links, hinten oben rechts und links, sowie vorn unten rechts und links.

[Man könnte diese Viertel- oder Tetartopyramiden auch »klinodiagonale Hemidomen« nennen.]

Das basische Pinakoid zerfällt wieder in ein oberes und ein unteres **Pedion;** das Orthopinakoid gibt in analoger Weise ein vorderes und ein hinteres **Pedion.**

Jedes vertikale Prisma liefert zwei voneinander unabhängige, den Hemidomen analoge **halbe Prismen** (Hemiprismen), bei denen die beiden vorderen bzw. die beiden hinteren Flächen zusammengehören.

Ebenso zerfallen die Klinodomen in je zwei **Hemidomen** (Hemiklinodomen), deren beide Flächen oben rechts und links bzw. unten rechts und links liegen.

Die Orthodomen liefern je vier voneinander unabhängige Einzelflächen (»Pedions«), vorn oben, vorn unten, hinten oben und hinten unten gelegen.

Nur am Klinopinakoid wird scheinbar nichts verändert.

Zu dieser hemiëdrischen Abteilung gehört der Skolezit.

Hemimorphe Ausbildung kann im monoklinen System nicht nach der *c*-Achse, sondern nur nach der *b*-Achse (Orthodiagonale) vorkommen.

Da Vertreter für diese Klasse unter den Mineralien bis jetzt noch nicht nachgewiesen werden konnten, unterbleibt die nähere Betrachtung der hemimorphen monoklinen Formen.

VI. Triklines System.

In diesem System schneiden sich alle drei Achsen unter mehr oder weniger spitzen bzw. stumpfen Winkeln, sie sind also alle drei gegeneinander geneigt, daher auch die Bezeichnung: triklin (τρίς, tris, dreimal; κλίνω, klino, ich neige).

Alle drei Achsen sind ferner durchaus ungleichwertig; jede derselben kann also zur *a*-, *b*- oder *c*-Achse gemacht werden.

Wie bereits früher (S. 27 und 29) erläutert, ist die gegenseitige Neigung der drei Achsen bei den verschiedenen zu diesem Krystallsystem gehörigen Körpern eine verschiedene, so daß bei genauerer Formenangabe außer dem Parameterverhältnis der Grundform immer drei Winkelwerte aufgeführt werden müssen: α zwischen *b*- und *c*-Achse, β zwischen *a*- und *c*-Achse und γ zwischen *a*- und *b*-Achse. Diese Winkel werden nach Naumann meist im oberen, rechten, vorderen Oktanten gemessen [1]).

Der einen Achse gibt man, wie bei den anderen Systemen, senkrechte Stellung (als *c*-Achse), eine zweite läßt man quer verlaufen: als *b*-Achse, und zwar dreht man das Achsenkreuz so, daß diese *b*-Achse von links oben nach rechts unten gerichtet ist. Die dritte Achse, die *a*-Achse, läuft dann schief auf den Beschauer zu (Abb. 236); man wählt, wenn möglich, die Stellung so, daß die *a*-Achse schief von hinten oben nach vorn unten gerichtet ist, (analog der Klinodiagonale am monoklinen Achsenkreuz).

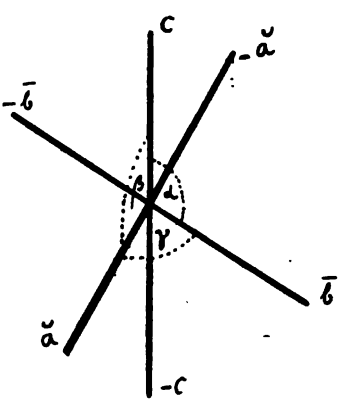


Abb. 236.

Wie schon aus dem Fehlen jeglicher Symmetrieebene hervorgeht, zeigen die triklinen Formen in ihrer Ausbildung den geringsten Grad von Regelmäßigkeit, wenigstens in der zweiten, den Hemiëdrien der anderen Systeme entsprechenden Abteilung.

Wegen dieses Mangels jeglicher Symmetrieebene wird das System auch das »asymmetrische« (unsymmetrische, ohne Symmetrie) genannt; (ältere, heute kaum noch gebräuchliche Bezeichnungen sind: das ein-und-eingliedrige, das triklinoëdrische, das anorthotype, das klinorhomboidische System).

Denkt man sich durch je zwei Achsen eine Ebene gelegt, (nicht zu verwechseln mit dem Begriff der Symmetrieebenen), so wird der Raum durch diese drei Ebenen in acht Teile, Oktanten, zerlegt, von denen allemal nur zwei gegenüberliegende einander gleich sind.

1) Nähern sich zwei dieser Winkel dem Werte von 90°, so werden die triklinen Formen den entsprechenden monoklinen ähneln.

Diese Oktanten erscheinen also nach dem Durchschnittspunkt der drei Achsen, dem Centrum, paarweise symmetrisch, und man nennt deshalb die den Holoëdrien der anderen Systeme entsprechende Abteilung der triklinen Formen, welche sich dadurch auszeichnet, daß sie nur Paare paralleler Flächen, (also Pinakoide), aufweist, die »centrosymmetrische« (d. h. nach dem Mittelpunkt symmetrische) Abteilung, zum Unterschiede von der den Hemiëdrien der übrigen Systeme analogen »asymmetrischen«, bei welcher auch noch diese Symmetrie nach dem Achsendurchschnittspunkt in Wegfall kommt, in der also nur noch Einzelflächen, Pedions, auftreten können.

Ebenso bezeichnend für diese beiden Abteilungen des triklinen Systems sind die neueren Namen: »pinakoidale« und »pediale« Klasse.

Naumann gibt den triklinen Formen, welche den Grunddoppelpyramiden des hexagonalen, tetragonalen und rhombischen Systems entsprechen, wiederum das Zeichen *P*. Die Unterscheidung zwischen den vier Oktantenpaaren bewirkt er durch rechts und links oben bzw. unten neben das *P* gesetzte Accente (Striche): ', z. B. P', $'P$, $P_{,}$ und $_{,}P$.

Die *b*-Achse wird von ihm, wie im rhombischen System, als »Makrodiagonale«, die *a*-Achse als »Brachydiagonale« bezeichnet. Um anzudeuten, ob der hinter dem *P* stehende Koëffizient *n* für die *b*- oder die *a*-Achse gilt, wird, — wie im rhombischen System —, über das *P* ein – bzw. ∪ gesetzt.

m bezieht sich, wie in den anderen Systemen, auch hier auf den *c*-Achsenabschnitt und findet vor dem *P* Platz.

In den Weißschen Symbolen erfolgt, analog der Bezeichnungsweise im monoklinen System, die Unterscheidung der vier Oktantenpaare durch Accente: ', welche rechts oben neben dem *a* bzw. dem *b* angebracht werden.

In der centrosymmetrischen Abteilung lassen sich folgende Formen unterscheiden:

1. Tetartopyramiden (Pinakoide IV. Art):
   a) Grund-Tetartopyramiden,
   b) Tetartopyramiden der vertikalen Reihe,
   c) » » » makrodiagonalen Reihe,
   d) » » » brachydiagonalen » .
2. (Vertikale) Hemiprismen (vertikale Pinakoide):
   a) Grund-Hemiprismen,
   b) Hemiprismen der makrodiagonalen Reihe,
   c) » » brachydiagonalen » .
3. (Obere und untere) makrodiagonale Hemidomen (makrodiagonale Pinakoide).
4. (Rechte und linke) brachydiagonale Hemidomen (brachydiagonale Pinakoide).
5. Das Makropinakoid.
6. Das Brachypinakoid.
7. Das basische Pinakoid.

Es sei hier nochmals darauf hingewiesen, daß alle diese sieben Formen keine geschlossenen sind, sondern nur aus je zwei, einander parallelen Flächen, Pinakoiden, bestehen.

1. Die bezüglich ihrer Lage zum Achsenkreuz den tetragonalen und rhombischen Doppelpyramiden analogen triklinen Flächenpaare, welche in

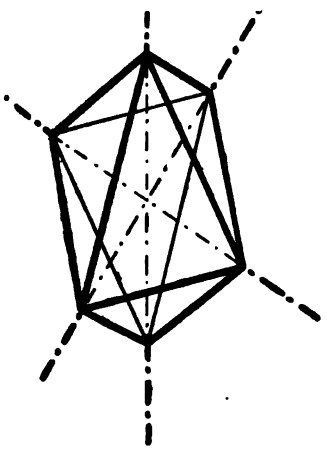


Abb. 237.

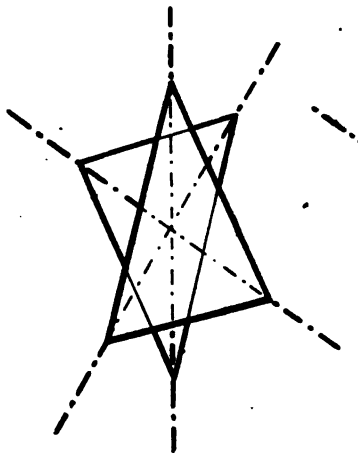


Abb. 238.

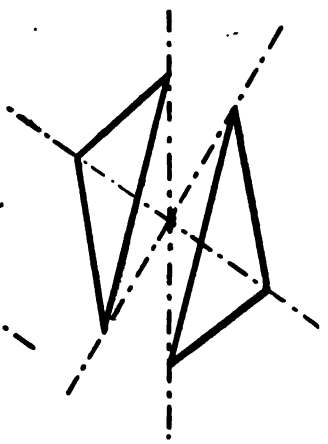


Abb. 239.

Wirklichkeit Pinakoide IV. Art sind, werden, entsprechend den monoklinen »Hemi«-Pyramiden, (einem Vorschlage Naumanns zufolge) auch heute meist noch **Tetartopyramiden,** (d. h. Viertelpyramiden), genannt, weil die Combination von vier solchen Pinakoiden gleicher Parameterverhältnisse äußerlich einer Doppelpyramide mehr oder weniger ähnlich sieht (Abb. 237).

An einer derartigen Combination kann man viererlei verschiedene Paare ungleichseitiger Dreiecke wahrnehmen, von welch letzteren gleiche in entgegengesetzten Oktanten liegen müssen.

Die Randkanten der Combination sind nicht, — wie bei der entsprechenden im monoklinen System —, untereinander gleich, sondern nur paarweise die gegenüberliegenden.

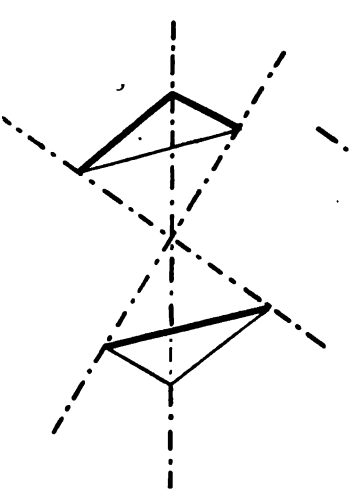


Abb. 240.

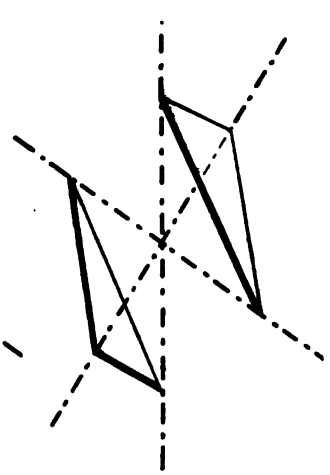


Abb. 241.

Die beiden Flächen einer rechten oberen Tetartopyramide, (bzw. eines rechten, oberen Pinakoids IV. Art), liegen vorn rechts oben und

hinten links unten (Abb. 238 und 242); diejenigen einer linken oberen: vorn links oben und hinten rechts unten (Abb. 239 und 243); diejenigen einer rechten unteren: vorn rechts unten und hinten links oben (Abb. 240 und 244); schließlich diejenigen einer linken unteren: vorn links unten und hinten rechts oben (Abb. 241 und 245).

Abb. 242.

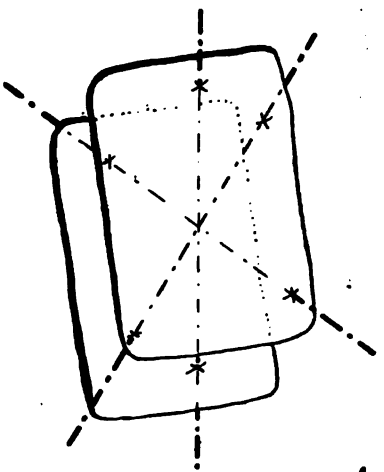
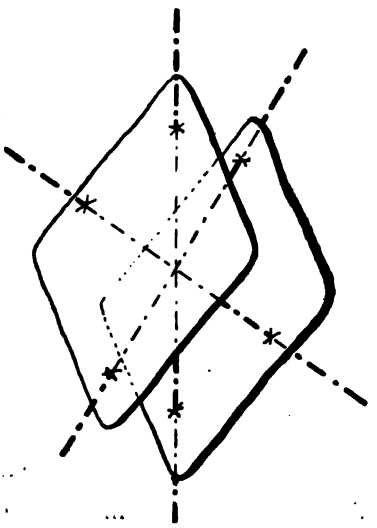


Abb. 243.



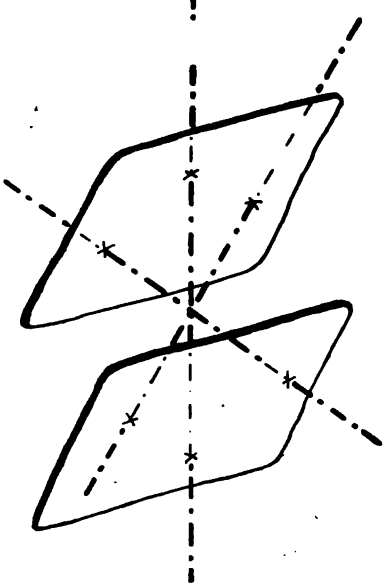


Abb. 244.

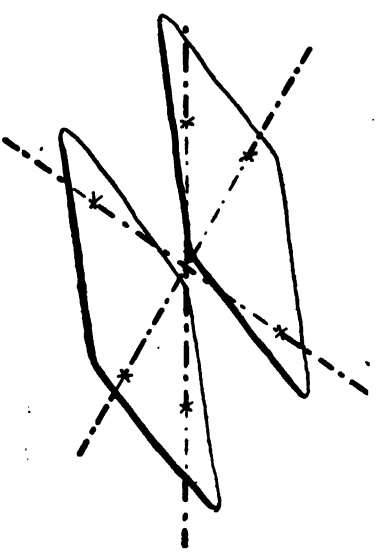


Abb. 245.

In den Abbildungen 242—245 sind diese »Tetartopyramiden« nochmals, aber als »Pinakoide IV. Art« dargestellt.

In den Naumannschen Symbolen werden die Accente (′) gemäß den

vorstehenden Bezeichnungen neben dem P angebracht; also für obere rechte Formen: P', für obere linke: $'P$, für untere rechte: $P_,$ und für untere linke: $_,P$.

Die eben aufgeführten vier Zeichen gelten für die als Grundform (vergl. S. 29 und 54) gewählten **Grund-Tetartopyramiden;** die entsprechenden Weißschen Symbole für dieselben sind: $(a:b:c)$, $(a:-b':c)$, $(a':b':-c)$ und $(a':-b:-c)$; die Graßmann-Millerschen: $\{111\}$, $\{1\bar{1}1\}$, $\{11\bar{1}\}$ und $\{1\bar{1}\bar{1}\}$, oder: $\{\bar{1}\bar{1}1\}$, $\{\bar{1}1\bar{1}\}$, $\{\bar{1}\bar{1}1\}$ und $\{\bar{1}11\}$.

Wie im rhombischen und monoklinen System leiten sich von jeder dieser Grund-Tetartopyramiden drei Reihen weiterer Tetartopyramiden ab:

Zunächst die **Tetartopyramiden der vertikalen Reihe,** die man durch Vergrößerung oder Verkleinerung des c-Achsenabschnittes erhält.

Ist dabei m größer als 1, so erscheinen die Flächen steiler als diejenigen der Grundform und umgekehrt flacher, wenn m kleiner als 1 wird.

In den Graßmann-Millerschen Zeichen ist in ersterem Falle h größer als l, in letzterem umgekehrt l größer als h.

Die allgemeinen Weißschen Zeichen für diese Tetartopyramiden der Vertikalreihe sind: $(a:b:mc)$, $(a:-b':mc)$, $(a':b':-mc)$ und $(a':-b:-mc)$; die Naumannschen: mP', $m'P$, $mP_,$ und $m_,P$; die Graßmann-Millerschen: $\{hhl\}$, $\{h\bar{h}l\}$, $\{hh\bar{l}\}$ und $\{h\bar{h}\bar{l}\}$;

z. B. $(a':-b:-\frac{1}{3}c)$ wird bei Naumann: $\frac{1}{3}{}_,P$ und bei Graßmann-Miller: $\{11\bar{3}\}$; oder: $(a:-b':\frac{1}{3}c)=\frac{1}{3}'P=\{1\bar{1}3\}$; oder: $(a:b:7c)=7P'=\{771\}$; oder: $(a':b':-5c)=5P_,=\{55\bar{1}\}$.

Die **Tetartopyramiden der makrodiagonalen Reihe** erhält man aus denen der vertikalen Reihe durch Vergrößerung des b-Achsenabschnitts, (der Makrodiagonale).

Die allgemeinen Weißschen Zeichen dafür lauten deshalb: $(a:nb:mc)$, $(a:-nb':mc)$, $(a':nb':-mc)$ und $(a':-nb:-mc)$; die Naumannschen: $m\bar{P}'n$, $m'\bar{P}n$, $m\bar{P}_,n$ und $m_,\bar{P}n$; die Graßmann-Millerschen: $\{hkl\}$, $\{h\bar{k}l\}$, $\{hk\bar{l}\}$ und $\{h\bar{k}\bar{l}\}$, wobei m wiederum größer als 1, und h größer als k sein muß;

z. B.: $(a:3b:\frac{3}{2}c)$ wird bei Naumann: $\frac{3}{2}P'3$ und bei Graßmann-Miller: $\{312\}$; oder: $(a:-3b':2c)=2'\bar{P}3=\{6\bar{2}3\}$; oder: $(a':4b':-4c)=4_,\bar{P}4=\{41\bar{1}\}$.

Die von den Grundformen sich ableitenden makrodiagonalen Tetartopyramiden haben die einfacheren Symbole: $(a:nb:c)$, $(a:-nb':c)$, $(a':nb':-c)$ und $(a':-nb:-c)$; bzw. $\bar{P}'n$, $'\bar{P}n$, $\bar{P}_,n$, und $_,\bar{P}n$; bzw. $\{hkh\}$, $\{h\bar{k}h\}$, $\{hk\bar{h}\}$, und $\{h\bar{k}\bar{h}\}$;

z. B. $(a:3b:c)$ wird bei Naumann: $\bar{P}'3$ und bei Graßmann-Miller: $\{313\}$; oder: $(a':\frac{1}{4}b':-c)=\bar{P}_,\frac{1}{4}=\{51\bar{5}\}$.

Schließlich lassen sich durch Vergrößerung des a-Achsenabschnitts, (der Brachydiagonale), von den vertikalen Tetartopyramiden noch die **Tetartopyramiden der brachydiagonalen Reihe** ableiten.

Die allgemeinen Weißschen Zeichen für dieselben sind: $(na : b : mc)$, $(na : -b' : mc)$, $(na' : b' : -mc)$ und $(na' : -b : -mc)$; die Naumannschen: $mP'n$, $m'Pn$, $mP_{,}n$ und $m_{,}Pn$, die Graßmann-Millerschen: $\{hkl\}$, $\{h\bar{k}l\}$, $\{hk\bar{l}\}$ und $\{h\bar{k}\bar{l}\}$, wobei m wiederum größer als 1, h jedoch kleiner als k sein muß:

z. B.: $(2a : b : \frac{3}{2}c)$ ist bei Naumann: $\frac{3}{2}P'2$ und bei Graßmann-Miller: $\{123\}$; oder: $(4a : -b' : 4c) = 4'P4 = \{11\bar{1}\}$; oder: $(\frac{3}{2}a' : b' : -3c) = 3P_{,}\frac{3}{2} = \{231\}$; oder $(2a' : -b' : -2c) = 2_{,}P2 = \{12\bar{1}\}$.

Auch hier vereinfachen sich die Zeichen für die von den Grundformen sich ableitenden brachydiagonalen Tetartopyramiden zu: $(na : b : c)$, $(na : -b' : c)$, $(na' : b' : -c)$ und $(na' : -b : -c)$; bzw. $P'n$, $'Pn$, $P_{,}n$ und $_{,}Pn$; bzw. $\{hkk\}$ $\{h\bar{k}k\}$ $\{hk\bar{k}\}$ und $\{h\bar{k}\bar{k}\}$;

z. B. lautet das Weißsche Zeichen: $(3a : b : c)$ bei Naumann: $P'3$ und bei Graßmann-Miller: $\{133\}$; oder: $(7a' : -b : -c) = {}_{,}P7 = \{1\bar{7}\bar{7}\}$; oder: $(\frac{5}{4}a' : b : -c) = P_{,}\frac{5}{4} = \{15\bar{5}\}$.

2. Die den rhombischen und monoklinen Prismen entsprechenden Flächenkomplexe sind im triklinen System in Wirklichkeit vertikale Pinakoide, deren Flächen der c-Achse parallel gehen.

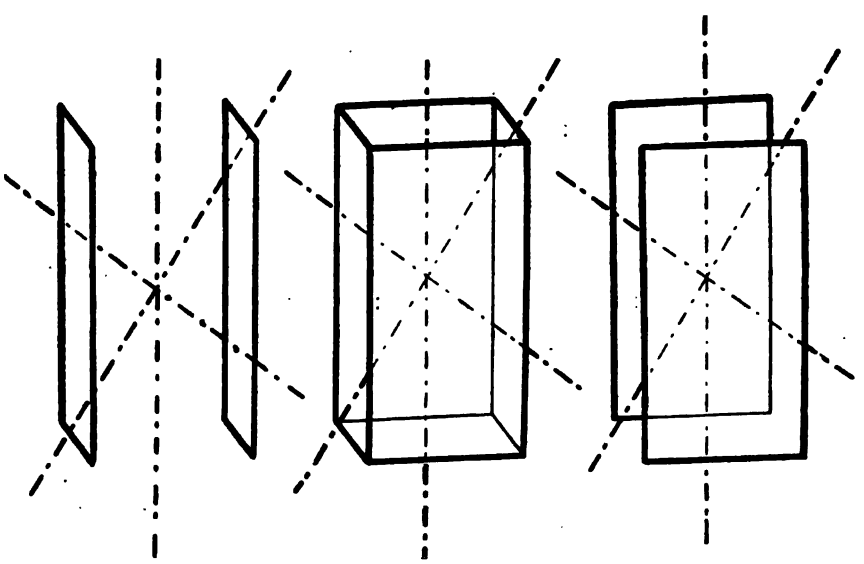


Abb. 246. Abb. 247. Abb. 248.

Da zwei derartige zusammengehörige, gleiche Parameter besitzende Pinakoide aber eine Combination ergeben (Abb. 247), welche gestaltlich den vertikalen Prismen der vorhergehenden Systeme analog ist, — wie diese sich also aus vier paarweise einander parallelen Flächen zusammensetzt und rhomboidischen Querschnitt zeigt —, nennt man mit Naumann die Einzelpaare meist **vertikale „Hemi"-Prismen.**

Man kann diese vertikalen Hemiprismen von den Tetartopyramiden dadurch ableiten, daß man an letzteren den c-Achsenabschnitt unendlich groß macht.

Die vier zusammengehörigen Grund-Tetartopyramiden (Grund-Pinakoide IV. Art) liefern auf diese Weise zwei **Grund-Hemiprismen;** ein rechtes, dessen beide Flächen vorn rechts bzw. hinten links (Abb. 248) und ein linkes, dessen Flächen vorn links bzw. hinten rechts liegen (Abb. 246).

Die Weißschen Zeichen dafür lauten: $(a : b : \infty c)$ bzw. $(a : -b' : \infty c)$ die Naumannschen $\infty P'$ und $\infty' P$; die Graßmann-Millerschen $\{1\,1\,0\}$ und $\{1\,\bar{1}\,0\}$.

In gleicher Weise ergeben je vier zusammengehörige Tetartopyramiden der makrodiagonalen bzw. der brachydiagonalen Reihe durch Vergrößerung des c-Achsenabschnittes bis ∞ je zwei zusammengehörige Hemiprismen (vertikale Pinakoide), welche man »makrodiagonale bzw. brachydiagonale Hemiprismen« (auch kurz »Makrohemiprismen« und »Brachyhemiprismen«) nennt.

Die **makrodiagonale Reihe der** (vertikalen) **Hemiprismen** hat die allgemeinen Weißschen Zeichen: $(a : nb : \infty c)$ bzw. $(a : -nb' : \infty c)$; die Naumannschen: $\infty \breve{P}' n$ bzw. $\infty' \breve{P} n$; die Graßmann-Millerschen: $\{hk0\}$ und $\{h\bar{k}0\}$, wobei n größer als 1, und h größer als k sein muß; $n = \frac{h}{k}$.

Z. B.: $(a : \frac{3}{2}b : \infty c)$ lautet bei Naumann: $\infty \breve{P}' \frac{3}{2}$ und bei Graßmann-Miller: $\{3\,2\,0\}$; oder: $(a : -5b' : \infty c) = \infty' \breve{P} 5 = \{5\,\bar{1}\,0\}$.

Den **Hemiprismen der brachydiagonalen Reihe** kommen die allgemeinen Weißschen Zeichen: $(na : b : \infty c)$ bzw. $(na : -b' : \infty c)$ zu; die Naumannschen: $\infty \breve{P}' n$ und $\infty' \breve{P} n$; die Graßmann-Millerschen: $\{hk0\}$ und $\{h\bar{k}0\}$, wobei n wiederum größer als 1, h aber kleiner als k sein muß; $n = \frac{k}{h}$.

Z. B.: $(\frac{1}{3}a : b : \infty c)$ ist bei Naumann: $\infty \breve{P}' \frac{1}{3}$ und bei Graßmann-Miller: $\{3\,1\,0\}$; oder $(7a : -b : \infty c) = \infty' \breve{P} 7 = \{1\,\bar{7}\,0\}$.

Während man im monoklinen System zwischen »Ortho«-Domen bzw. »Ortho«-Hemidomen (orthodiagonalen Hemidomen) und »Klino«-Domen (klinodiagonalen Domen) unterscheiden mußte, sind im triklinen System die entsprechenden Formen wegen der schrägen Stellung der a- und der b-Achse beide »klinodiagonale«; auch bestehen hier beide Arten aus »Hemi«-Domen [Pinakoiden].

Man unterscheidet in diesem System deshalb zwischen »makrodiagonalen« und »brachydiagonalen« Hemidomen, (auch kurz Makrohemidomen und Brachyhemidomen genannt); [makrodiagonale und brachydiagonale Pinakoide].

3. Die Flächen der **makrodiagonalen Hemidomen,** (Makrohemidomen), laufen der b-Achse parallel, schneiden also nur die a- und die c-Achse.

Paarweise parallele Flächen gehören zusammen.

Ein oberes makrodiagonales Hemidoma besteht aus zwei Parallelebenen, die vorn oben bzw. hinten unten liegen (Abb. 249); ein unteres dagegen aus zwei parallelen Flächen vorn unten bzw. hinten oben (Abb. 251).

Die Combinationskanten zwischen zwei zusammengehörigen makrodiagonalen Hemidomen laufen einander und der *b*-Achse parallel von rechts unten nach links oben (Abb. 250).

Man kann die makrodiagonalen Hemidomen auch von den Tetartopyramiden der vertikalen Reihe ableiten, indem man an diesen den *b*-Achsenabschnitt unendlich groß macht; je vier zusammengehörige Tetartopyramiden liefern dabei zwei korrespondierende makrodiagonale Hemidomen.

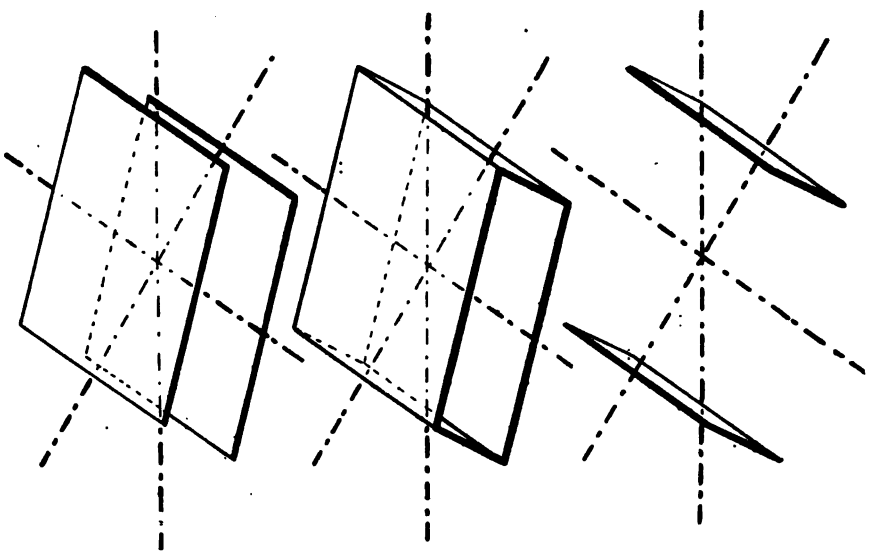


Abb. 249. Abb. 250. Abb. 251.

Die **oberen makrodiagonalen Hemidomen** haben das allgemeine Weißsche Zeichen: $(a : \infty b : mc)$; das Naumannsche: $m'\bar{P}'\infty$; das Graßmann-Millersche: $\{h0l\}$.

Ist darin m kleiner als 1 bzw. h kleiner als l, so haben die Flächen eine flachere Lage; und umgekehrt eine steilere, wenn m größer als 1 und h größer als l ist;

z. B. $(a : \infty b : \frac{1}{5}c)$ wird bei Naumann: $\frac{1}{5}'\bar{P}'\infty$ und bei Graßmann-Miller: $\{105\}$; oder: $(a : \infty b : \frac{3}{4}c) = \frac{3}{4}'\bar{P}'\infty = \{304\}$; oder: $(a : \infty b : 7c) = 7'\bar{P}'\infty = \{701\}$.

Die den rechten und linken oberen »Grund«-Tetartopyramiden entsprechenden oberen makrodiagonalen »Grund«-Hemidomen haben die einfacheren Symbole: $(a : \infty b : c)$ bzw. $'\bar{P}'\infty$ bzw. $\{101\}$. Sie bilden die Grenze zwischen den flacheren und den stumpferen Formen.

Dagegen lautet das allgemeine Weißsche Zeichen für die **unteren makrodiagonalen Hemidomen:** $(a' : \infty b : mc)$; das Naumannsche: $m\,\bar{P}\,\infty$; das Graßmann-Millersche: $\{\bar{h}0l\}$, wobei bezüglich der Werte von m, h und l für die flacheren bzw. die steileren Formen das gleiche gilt, wie bei den oberen makrodiagonalen Hemidomen;

z. B. $(a' : \infty b : \frac{1}{3}c)$ ist bei Naumann: $\frac{1}{3}\,\bar{P}\,\infty$, und bei Graßmann-Miller: $\{\bar{1}03\}$; oder: $(a' : \infty b : \frac{3}{4}c) = \frac{3}{4}\,\bar{P}\,\infty = \{\bar{3}04\}$; oder: $(a' : \infty b : 5c) = 5\,\bar{P}\,\infty = \{\bar{5}04\}$.

Wiederum haben die von den Grundformen, — hier also den rechten und linken, unteren »Grund«-Tetartopyramiden —, sich ableitenden unteren makrodiagonalen »Grund«-Hemidomen die einfacheren Zeichen: $(a' : \infty b : c)$; bzw. $\bar{P}\,\infty$; bzw. $\{\bar{1}01\}$.

4. Die Flächen der den monoklinen »Klinodomen« entsprechenden

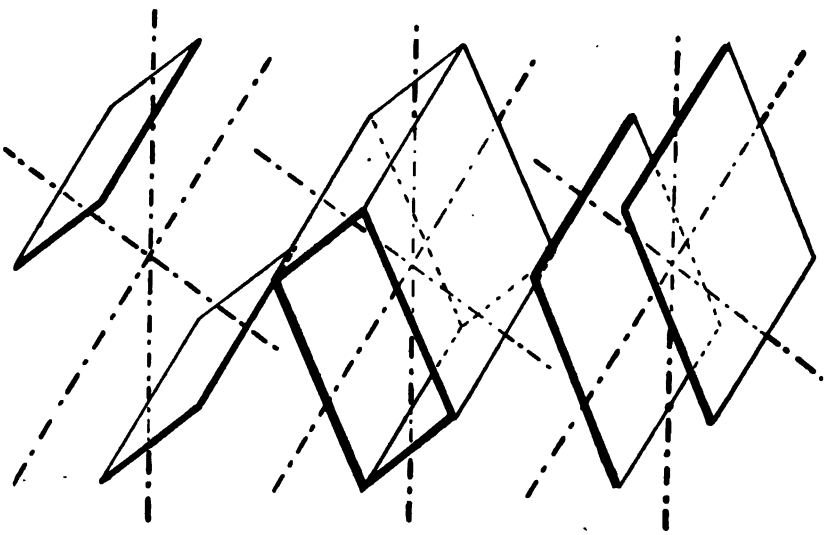


Abb. 252. Abb. 253. Abb. 254.

brachydiagonalen Hemidomen, (Brachyhemidomen), [brachydiagonalen Pinakoide], bilden, wie schon der Name sagt, nicht wie jene prismatische Formen, sondern bestehen, — wie die makrodiagonalen Hemidomen —, nur aus Paaren paralleler Flächen, welche die b- und die c-Achse schneiden, der a-Achse aber parallel gehen.

Man unterscheidet »rechte« und »linke« brachydiagonale Hemidomen; die Flächen eines rechten liegen rechts oben und links unten (Abb. 254), diejenigen eines linken dagegen: links oben und rechts unten (Abb. 252).

Je zwei brachydiagonale Hemidomen mit gleichem Parameterverhältnis ergeben eine Combination, welche ein in der Richtung der a-Achse (der Brachydiagonale) verlaufendes vierseitiges Prisma mit rhomboidischem Querschnitt darstellt; die Combinationskanten gehen an demselben der a-Achse parallel (Abb. 253).

Die **rechten brachydiagonalen Hemidomen** haben das allgemeine Weißsche Zeichen: $(\infty a : b : mc)$, das Naumannsche: $m\breve{P}'\infty$; das Graßmann-Millersche: $\{0kl\}$.

Bei den flacheren Formen ist m kleiner als 1, und k kleiner als l; bei den steileren umgekehrt m größer als 1, und k größer als l;

z. B. $(\infty a : b : \frac{1}{4}c)$ wird bei Naumann: $\frac{1}{4}\breve{P}'\infty$, und bei Graßmann-Miller: $\{044\}$ oder: $(\infty a : b : \frac{4}{5}c) = \frac{4}{5}\breve{P}'\infty = \{045\}$; oder: $(\infty a : b : \frac{5}{4}c) = \frac{5}{4}\breve{P}' = \{054\}$ oder: $(\infty a : b : 5c) = 5\breve{P}'\infty = \{051\}$.

Die Grenze zwischen den flacheren und den steileren Formen bilden die den rechten oberen und linken unteren »Grund«-Tetartopyramiden entsprechenden rechten brachydiagonalen »Grund«-Hemidomen mit den einfacheren Symbolen: $(\infty a : b : c)$; bzw. $\breve{P}'\infty$; bzw. $\{011\}$.

Das allgemeine Weißsche Zeichen für die **linken brachydiagonalen Hemidomen** lautet: $(\infty a : b' : mc)$; das Naumannsche: $m'\breve{P}\infty$; das Graßmann-Millersche: $\{0k\bar{l}\}$.

Der flachere bzw. steilere Habitus der Formen hängt in derselben Weise wie bei den rechten brachydiagonalen Hemidomen von der jeweiligen Größe von m, k und l ab;

z. B.: $(\infty a : b' : \frac{1}{3}c)$ ist bei Naumann: $\frac{1}{3}'\breve{P}\infty$, und bei Graßmann-Miller: $\{013\}$; oder: $(\infty a : b' : \frac{3}{4}c) = \frac{3}{4}'\breve{P}\infty = \{034\}$; oder: $(\infty a : b' : \frac{1}{3}c) = \frac{1}{3}'\breve{P}\infty = \{043\}$; oder: $(\infty a : b' : 3c) = 3'\breve{P}\infty = \{031\}$.

Die den linken oberen und rechten unteren »Grund«-Tetartopyramiden entsprechenden linken brachydiagonalen »Grund«-Hemidomen bilden wiederum die Grenze zwischen den flacheren und steileren Formen und haben die einfacheren Zeichen: $(\infty a : b' : c)$; bzw. $'\breve{P}\infty$; bzw. $\{041\}$.

Die drei **triklinen Pinakoide** sind den rhombischen und monoklinen vollkommen analog; wie jene schneiden ihre Flächen allemal nur eine Achse und gehen den beiden anderen parallel.

Infolge der schiefen Achsen des triklinen Achsenkreuzes unterscheidet sich das basische und das Brachypinakoid von den entsprechenden der beiden vorhergehenden Systeme durch die (mehr oder weniger) schiefe Lage der Parallelflächenpaare, während das Makropinakoid mit demjenigen des rhombischen Systems, (bzw. mit dem Orthopinakoid des monoklinen Systems), auch bezüglich der Lage völlig übereinstimmt.

5. Die beiden Flächen des **Makropinakoids** gehen der b- und c-Achse parallel und schneiden nur die a-Achse; sie stehen also senkrecht (Abb. 255).

Die eine Fläche liegt vorn, die andere hinten.

Das Weißsche Zeichen lautet: $(a : \infty b : \infty c)$; das Naumannsche: $\infty\bar{P}\infty$; das Graßmann-Millersche: $\{100\}$.

6. Die beiden Flächen des **Brachypinakoids** stehen ebenfalls senkrecht, gehen aber der a- und c-Achse parallel, während die b-Achse geschnitten wird (Abb. 256).

Zum Unterschied vom monoklinen Klinopinakoid laufen die Flächen des

triklinen Brachypinakoids nicht gerade auf den Beschauer zu, sondern mehr oder weniger schräg, — je nach der Lage der *a*-Achse bei dem betreffenden Mineral —; man kann hier eine rechte und eine linke Fläche unterscheiden.

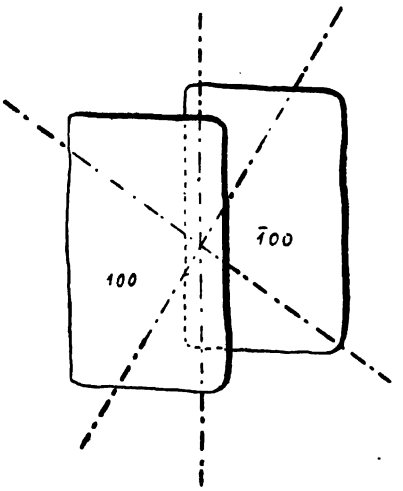


Abb. 255.

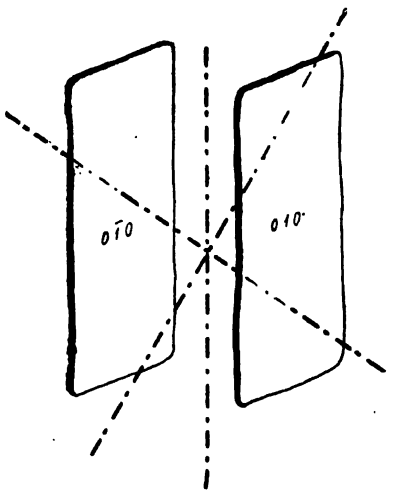


Abb. 256.

Das Weißsche Zeichen ist: $(\infty a : b : \infty c)$; das Naumannsche: $\infty \breve{P} \infty$; das Graßmann-Millersche: {010}.

7. Am basischen Pinakoid (Abb. 257) ist, wie in den anderen Systemen, eine obere und eine untere Fläche zu beobachten. Dieselben laufen der *a*- und *b*-Achse parallel; die *c*-Achse wird von ihnen geschnitten.

Die Flächen erscheinen je nach der Größe des Winkels zwischen *a*- und *c*-Achse, (β), mehr oder weniger nach vorn geneigt; die seitliche Neigung hängt von der Größe des Winkels α zwischen *b*- und *c*-Achse ab.

Das Weißsche Zeichen lautet, — genau wie in den vorhergehenden Systemen —: $(\infty a : \infty b : c)$; das Naumannsche: $0P$; das Graßmann-Millersche: {001}.

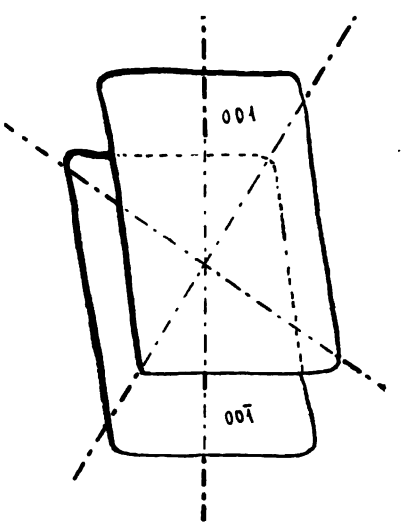


Abb. 257.

Combinationen.

Der centrosymmetrischen Abteilung des triklinen Systems gehören einige wichtige Mineralien an, z.B.: Albit (und andere Plagioklase), Disthen und Axinit.

Von den z. T. außerordentlich verwickelten Combinationen mögen hier nur einige einfachere Platz finden, welche auch schon die durch verschiedene Neigung der Achsen bedingte Mannigfaltigkeit analoger Formen erkennen lassen.

Abb. 258 zeigt einen Albit-Krystall. An demselben sind die beiden Flächen M des Brachypinakoids $\infty \breve{P} \infty$, sowie diejenigen P des basischen Pinakoids, $0P$, groß ausgebildet. l gehört dem rechten Grund-Hemiprisma $\infty P'$, T dem entsprechenden linken $\infty' P$ an. Oben hinten bzw. unten vorn tritt noch je eine Fläche s der rechten unteren Grund-Tetartopyramide, $P_{,}$, und je eine solche, x, des unteren makrodiagonalen Grund-Hemidomas $_{,}\bar{P}_{,}\infty$ auf.

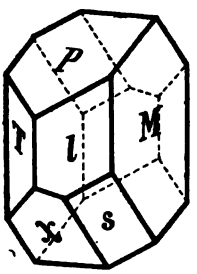


Abb. 258.

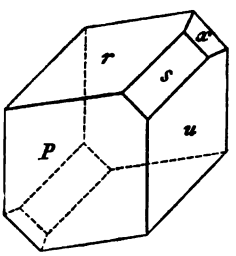


Abb. 259.

In Abb. 259 ist ein Axinitkrystall wiedergegeben, an welchem die beiden Flächen P des linken Grund-Hemiprismas $\infty' P$, sowie diejenigen, u, des entsprechenden rechten, $\infty P'$, und die linke obere Grund-Tetartopyramide $'P$, (r), vorherrschen.

Die entsprechende rechte obere Grund-Tetartopyramide P', (x), ist klein ausgebildet.

Zwei gegenüberliegende Combinationskanten zwischen $'P$, (r), und $\infty P'$, (u), werden durch die Flächen eines steileren oberen makrodiagonalen Hemidomas, $2'\bar{P}'$ (s), abgestumpft.

In der den Hemiëdrien der anderen Systeme entsprechenden asymmetrischen Abteilung, (Pedialen Klasse), kommt auch noch die Symmetrie nach dem Achsendurchschnittspunkt, dem Centrum, in Wegfall; alle Formen bestehen deshalb nur noch aus Einzelflächen (Pedions).

Vertreter für diese Klasse wurden bisher unter den Mineralien noch nicht nachgewiesen, weshalb die nähere Betrachtung hier unterbleibt.

Krystallverwachsungen.

Die Krystalle der Mineralien sind zumeist nicht einzeln ein- oder aufgewachsen, wie es der Fall ist, wenn die Krystallbildung an einzelnen, verhältnismäßig weit voneinander entfernten Punkten begonnen hat, sondern es hat die Abscheidung einer ganzen Anzahl von Krystallen nebeneinander auf beschränktem Raume stattgefunden, so daß bei weiterem Wachstum die Einzelkrystalle sich gegenseitig in der Ausbildung gestört und zu einem mehr oder weniger fest zusammenhängenden Ganzen vereinigt haben.

Wie die Beobachtung lehrt, ist nun diese Verwachsung von Einzelkrystallen entweder nach bestimmten, mit der Form der letzteren zusammenhängenden Gesetzen erfolgt: gesetzmäßige Verwachsung; oder die Krystalle sind regellos, in den verschiedensten Richtungen orientiert, miteinander verwachsen: unregelmäßige Verwachsung.

Bei den gesetzmäßigen Verwachsungen kann man wiederum mehrere, prinzipiell verschiedene Abteilungen unterscheiden:

1) Parallelverwachsungen von Krystallen einunddesselben Minerals;
2) Zwillingsbildung;
3) Gesetzmäßige Verwachsungen von Krystallen verschiedener Mineralien.

1. Parallelverwachsungen.

Bei denselben sind Krystalle der gleichen Substanz derart miteinander verwachsen, daß die gleichartigen Achsen bzw. Symmetrieebenen der verschiedenen Einzelkrystalle gleiche Orientierung zeigen, d. h. einander parallel sind.

Treten an den Einzelkrystallen gleiche Flächen auf, (was nicht immer der Fall ist), so sind natürlich auch diese untereinander parallel. Abb. 260 zeigt drei Oktaëder, welche nach einer Oktaëderfläche, Abb. 261 zwei solche, die nach einer Würfelfläche parallel miteinander verwachsen sind.

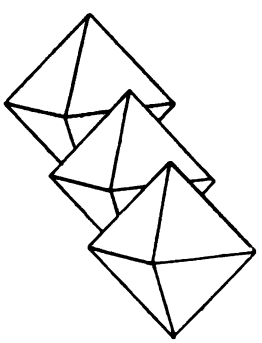


Abb. 260.

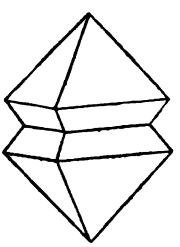


Abb. 261.

Wiederholt sich derartige Parallelverwachsung mehrfach, so können Gebilde entstehen, an denen nur die beiden Endkrystalle die Einzelform deutlich erkennen lassen, während die dazwischen liegenden als dünne Lamellen ausgebildet sind, von denen je zwei benachbarte einspringende Winkel bilden (Abb. 262).

Sinkt die Dicke dieser mittleren Lamellen auf einen sehr kleinen Betrag herab, so erscheint eine derartige Parallelverwachsung wie ein einfacher Krystall, dessen Flächen zum Teil feine Riefen oder Streifen zeigen, (im vorliegenden Falle wie eine Combination zwischen einer tetragonalen Doppelpyramide mit einem Prisma gleicher Stellung, dessen Flächen horizontale Streifung aufweisen) (Abb. 263).

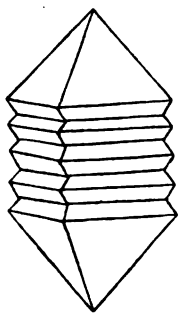


Abb. 262.

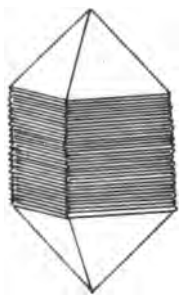


Abb. 263.

Die Parallelverwachsung einer größeren Anzahl gleichartiger Krystalle, wie sie namentlich bei prismatisch oder tafelig ausgebildeten Krystallen vorkommt, nennt man einen »Krystallstock«.

Ist die Verwachsung derart erfolgt, daß benachbarte Krystalle nicht genau parallel angeordnet sind, daß also jeder Einzelkrystall gegenüber dem benachbarten um einen geringen Betrag von der parallelen Richtung abweicht, so entstehen Gebilde, die zwar auch einen regelmäßigen Bau zeigen, deren weiter voneinander entfernte Einzelindividuen bezüglich der Stellung aber oft stark voneinander abweichen; Beispiele hierfür sind: die sogenannten »Eisenrosen« des Eisenglanzes, die garbenförmigen Büschel des Desmins, die sattelförmig gekrümmten Gebilde des Braunspates, und andere mehr.

2. Zwillingsbildung.

Ziemlich häufig beobachtet man an Mineralien, daß zwei Einzelkrystalle nicht parallel aber dennoch in bestimmter, gesetzmäßiger Weise miteinander verwachsen sind, derart, daß entweder die beiden, in diesem Falle meist als halbe Krystalle erscheinenden Einzelkrystalle bloß aneinander gewachsen sind, oder daß der eine den anderen förmlich zu durchdringen scheint.

Die erstere Art nennt man Berührungs-, Kontakt- oder Juxtapositions-Zwillinge (contactus = die Berührung; juxtapositus = dicht danebengesetzt), die zweite: Durchwachsungs-, Durchkreuzungs- oder Penetrations-Zwillinge (penetratio = die Durchdringung).

In weitaus den meisten Fällen liegen die beiden Einzelkrystalle zu einer Ebene, (bei den Berührungszwillingen zu der Berührungsfläche), symmetrisch; man nennt diese Ebene die »Zwillingsebene«; eine auf derselben senkrecht stehende Gerade: die »Zwillingsachse«.

Denkt man sich den einen der beiden miteinander verzwillingten Krystalle, bzw. die eine Zwillingshälfte, um diese Zwillingsachse um 180° gedreht, so nimmt er eine dem zweiten parallele Stellung ein; und umgekehrt gelangt man

zu einem Berührungszwilling, wenn man sich einen einfachen Krystall nach der Zwillingsebene durchschnitten und die eine Hälfte in der Zwillingsachse um 180° gedreht denkt, wie nachstehende Abbildungen erkennen lassen.

In Abb. 264 ist ein Oktaëder durch eine den Flächen (111) und ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$) parallele Ebene halbiert; denkt man sich nun die eine der beiden Hälften, — z. B. die hintere linke untere —, um 180° gedreht, so entsteht ein Berührungszwilling der Form Abb. 265, ein sogenannter »Spinellzwilling«, mit drei einspringenden Winkeln.

Ist eine Ebene schon an und für sich Symmetrieebene, so kann sie niemals Zwillingsebene sein, weil sonst parallele Verwachsungen und keine Zwillinge entstehen würden.

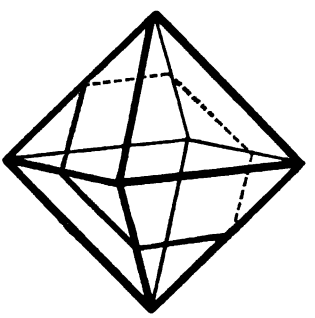


Abb. 264.

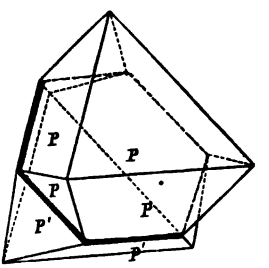


Abb. 265.

In weitaus den meisten Fällen verläuft die Zwillingsebene parallel einer an der betreffenden Form möglichen Krystallfläche.

Die Zwillingsbildung verrät sich sehr oft schon durch einspringende Winkel (vgl. obiges Beispiel), die an einfachen Krystallen ja nicht vorkommen können.

Bei den verschiedenen Zwillingen ist sowohl die Art der Verwachsung, — ob Berührungs- oder Durchkreuzungszwillinge —, wie auch die Stellung der Einzelkrystalle gegeneinander zu beachten.

In letzterer Hinsicht unterscheidet man Zwillinge mit parallelen und solche mit nicht parallelen, gegeneinander geneigten Achsenkreuzen.

Erstere sind nur bei Teilflächnern, letztere dagegen bei Voll- und Teilflächnern möglich.

Nicht selten hat wiederholte Zwillingsbildung stattgefunden, daß also z. B. mit einem Zwilling noch ein dritter Einzelkrystall in derselben gesetzmäßigen Weise zu einem »Drilling« verwachsen ist.

Durch Anreihung weiterer Einzelkrystalle entstehen auf diese Art: Vierlinge, Fünflinge, Sechslinge, usw.

Sind bei einer solchen wiederholten Zwillingsbildung die Zwillingsebenen zwischen den einzelnen Krystallen einander parallel, so entstehen sogenannte Wiederholungs- oder Reihenzwillinge, bei denen die 1., 3., 5., 7., usw., bzw. die 2., 4., 6., 8., usw. Einzelkrystalle gleiche Orientierung zeigen (Abb. 266) (a. f. S.).

Wenn hierbei die einzelnen Krystalle sehr schmal (Abb. 267) (a. f. S.), lamellar, (oft papierdünn bis mikroskopisch fein, ähnlich wie bei den Parallelverwachsungen, vgl. S. 128) sind, so ist auf dem Querschnitt eines solchen Aggregates eine bisweilen für das betreffende Mineral charakteristische

Streifung, die »Zwillingsstreifung«, wahrnehmbar (besonders häufig bei manchen Feldspaten).

Verlaufen bei wiederholter Zwillingsbildung die Zwillingsebenen dagegen nicht parallel, so entstehen kreisförmig oder bukettartig angeordnete Krystallgruppen: sogenannte »cyklische oder Wendezwillinge« (Abb. 268).

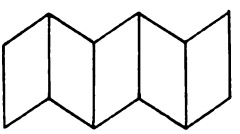


Abb. 266.

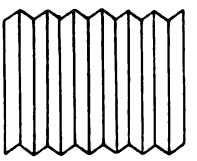


Abb. 267.

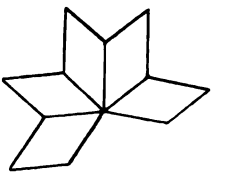


Abb. 268.

Im folgenden sollen einige der häufigsten Arten der Zwillingskrystalle Erwähnung finden:

1. Bei den Zwillingen des **regulären** Systems ist meist eine Oktaëderfläche Zwillingsebene, z. B. bei den schon oben erwähnten oktaëdrischen Berührungszwillingen, den sogenannten »Spinellzwillingen« oder bei den dodekaëdrischen Berührungszwillingen der Zinkblende, von denen Abb. 269 ein Beispiel zeigt.

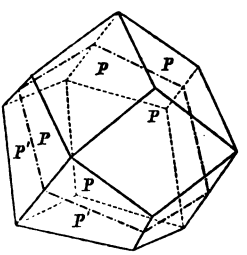


Abb. 269.

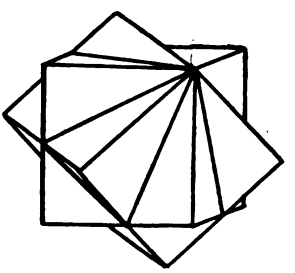


Abb. 270.

Gleichfalls nach einer Oktaëderfläche verzwillingt sind die häufigen Durchwachsungszwillinge zweier Flußspat-, Bleiglanz- oder Schwefelkieswürfel (Abb. 270). Die Durchkreuzungszwillinge zweier Pentagondodekaëder des Pyrits (die sogenannten »Zwillinge des eisernen Kreuzes«), sind nach einer Rhombendodekaëderfläche symmetrisch (Abb. 271), während bei den aus zwei Tetraëdern bestehenden Durchwachsungszwillingen des Diamants eine Würfelfläche Symmetrie- bzw. Zwillingsebene ist (Abb. 272).

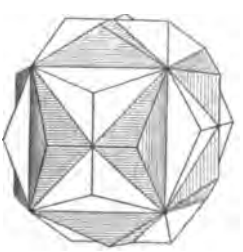


Abb. 271.

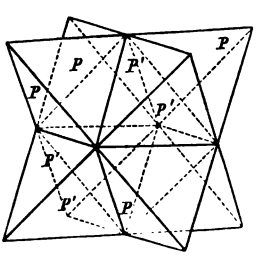


Abb. 272.

2. An Krystallen des **hexagonalen** Systems finden sich ebenfalls nicht selten Zwillinge mit geneigten Achsenkreuzen; meist ist dabei eine

Rhomboëderfläche Zwillingsebene. Fig. 273 zeigt zwei Kalkspatgrundrhomboëder R nach diesem Gesetz miteinander verwachsen, wobei eine Fläche vom Rhomboëder $-\frac{1}{2}R$ Zwillingsebene ist.

In Abb. 274 sind dagegen zwei kurzprismatische Kalkspatkrystalle nach einer Fläche des Grundrhomboëders R miteinander verzwillingt.

Zwillinge mit parallelen Achsenkreuzen, (also nur bei Teilflächnern möglich), sind am Kalkspat wie an anderen rhomboëdrisch krystallisierenden Mineralien, z. B. Chabasit, Eisenglanz, usw., gleichfalls ziemlich häufig, desgleichen am (tetartoëdrischen) Quarz.

Bei derartigen Kalkspatzwillingen ist meist das basische Pinakoid $0R$ Zwillings-, bzw. Berührungsebene. Abb. 275 stellt einen solchen skalenoëdrischen Zwilling der Form $R3$ dar.

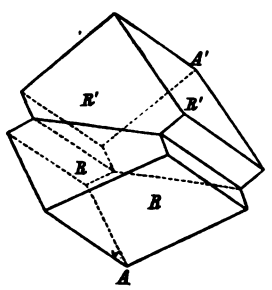


Abb. 273.

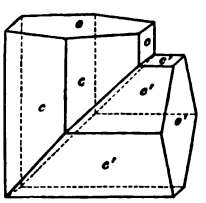


Abb. 274.

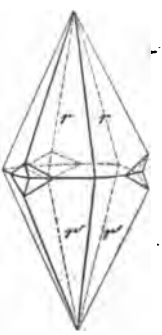


Abb. 275.

An dem der trapezoëdrischen Tetartoëdrie angehörenden Quarz hat man Zwillinge nach drei Gesetzen beobachtet:

1. Zwillingsebene ist eine Fläche des hexagonalen Prismas I. Art, ∞P, (oder, was zu demselben Ergebnis führt, eine Fläche des basischen Pinakoids $0P$).

Abb. 276 zeigt einen derartigen Zwilling nach diesem sogenannten »Dauphinéer Gesetz«, bei welchem die beiden Einzelkrystalle aneinander gewachsen sind (also einen Berührungszwilling). In weitaus den meisten Fällen sind jedoch die beiden Krystalle durcheinander gewachsen, so daß sie scheinbar einen einzigen, einfachen Krystall darstellen (Abb. 277), auf welchem die Grenzen zwischen den beiden Einzelindividuen (in der Figur ist der eine Krystall der Deutlichkeit halber schraffiert) ganz unregelmäßig verlaufen.

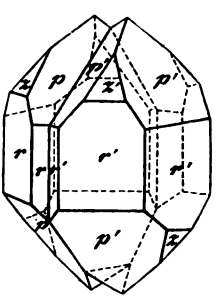


Abb. 276.

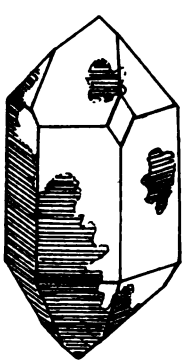


Abb. 277.

Sind an einem solchen Zwilling die Trapezoëderflächen entwickelt, so treten dieselben in gleicher Orientierung an allen Combinationsecken zwischen hexagonalem Prisma und der Doppelpyramide auf (Abb. 278), während der einfache Krystall dieselben ringsum nur an den abwechselnden Ecken zeigt (Abb. 279). Es sind bei den Dauphinéer Zwillingen also immer entweder zwei rechte oder zwei linke Krystalle miteinander verwachsen.

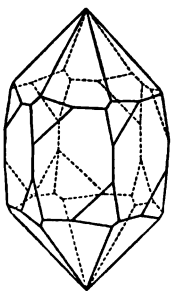


Abb. 278.

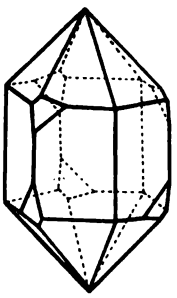


Abb. 279.

Abb. 280.

2. Bei der zweiten Art von Quarzzwillingen ist eine Fläche des hexagonalen Prismas II. Art, $\infty P2$, Symmetrie- (bzw. Zwillings-)Ebene; es ist also immer ein rechter mit einem linken Krystall verzwillingt. Die (in diesem Fall sehr selten deutlich ausgebildeten) Trapezoëderflächen treten an den nebeneinanderliegenden Combinationsecken in entgegengesetzter Stellung auf (Abb. 280). Wegen der Häufigkeit derartiger Zwillinge, (natürlich ohne deutlich entwickelte Trapezoëderflächen), an den brasilianischen Amethysten nennt man diese Art der Zwillingsbildung das »Brasilianer Gesetz«.

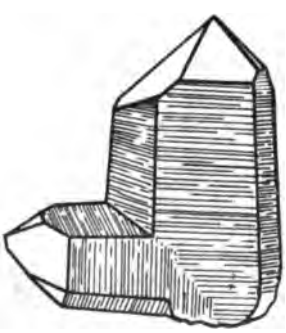


Abb. 281.

3. Schließlich finden sich vereinzelt noch Quarzzwillinge, bei denen eine Fläche der hexagonalen Doppelpyramide II. Art, $P2$, Zwillingsebene ist; es entstehen auf diese Weise rechtwinklige oder herzförmige Zwillinge, die früher selten waren, neuerdings aber in größerer Zahl aus Japan kommen (Abb. 281).

3. Die Zwillinge des **tetragonalen** Systems zeigen zumeist gegeneinander geneigte Achsenkreuze, weil die Zahl der tetragonal hemiëdrisch krystallisierenden Mineralien gering ist im Vergleich zu den holoëdrischen.

Bei den tetragonalen Zwillingen ist sehr oft eine Fläche der tetragonalen Doppelpyramide II. Art, $P\infty$, Zwillingsebene.

Derartige Zwillinge sind am Zinnstein, Abb. 282, (hier »Visiergraupen« genannt, wegen des nach Art eines Gewehrvisiers einspringenden Winkels), und am Rutil besonders häufig zu beobachten. Da die Rutilkrystalle im Gegensatz zu den kurzprismatischen Zinnsteinkrystallen fast immer langprismatisch entwickelt sind, haben die Rutilzwillinge mehr knieförmige Gestalt (Abb. 283).

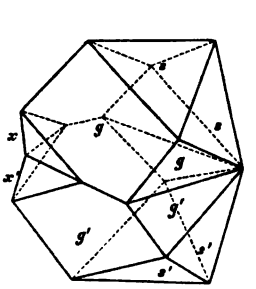


Abb. 282.

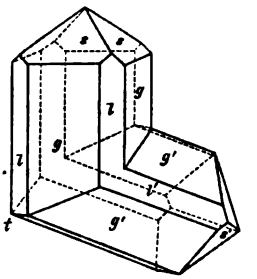


Abb. 283.

4. Ebenso wie bei den tetragonalen sind bei den **rhombisch** krystallisierenden Mineralien Zwillinge mit parallelen Achsenkreuzen infolge der Seltenheit hemiëdrischer Formen selten; umso häufiger begegnet man dagegen solchen mit gegeneinander geneigten Achsensystemen.

Als Zwillingsebene tritt meist eine Fläche des rhombischen Grundprismas, ∞P, auf.

Ein ausgezeichnetes Beispiel für derartige Zwillinge bildet neben Cerussit, Markasit, Arsenkies und anderen mehr, der Aragonit, der bald in Berührungs-, bald in Durchkreuzungszwillingen, wie auch Drillingen, Vierlingen, usw. auftritt.

Abb. 284 zeigt einen solchen Berührungszwilling des Aragonits nach dem Grundprisma ∞P.

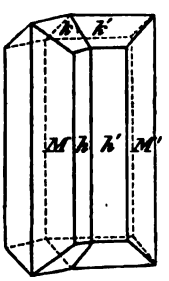


Abb. 284.

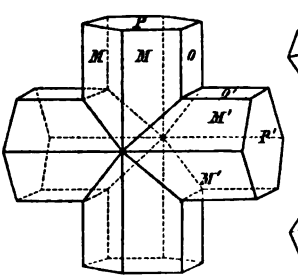


Abb. 285.

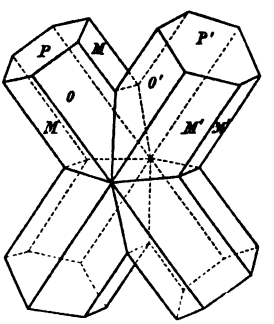


Abb. 286.

Sehr deutliche Durchkreuzungszwillinge bildet der Staurolith. An denselben ist entweder eine Fläche des steileren Brachydomas, $\frac{3}{2}\breve{P}\infty$, Zwillingsebene, oder eine solche der steileren brachydiagonalen Doppelpyramide $\frac{3}{2}\breve{P}\frac{3}{2}$. Im ersteren Falle durchkreuzen sich die beiden Einzelkrystalle rechtwinklig (Abb. 285), im letzteren dagegen unter Winkeln von ca. 60° (Abb. 286).

5. Bei den Zwillingen der **monoklin** krystallisierenden Mineralien verlaufen die Vertikalachsen der Einzelkrystalle zumeist einander parallel; Zwillingsebene ist gewöhnlich das Orthopinakoid $\infty\breve{P}\infty$.

Abb. 287 zeigt einen der häufigen Berührungszwillinge des Gypses nach diesem Gesetz (wegen der Form »Schwalbenschwanzzwilling« genannt), Abb. 288 einen analogen Zwilling des Augits; hier wie dort fallen die Flächen des Klinopinakoids beider Krystalle in eine Ebene, auf welcher keinerlei Trennungslinie zwischen den beiden Einzelindividuen bemerkbar ist.

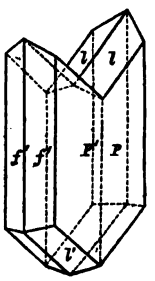


Abb. 287.

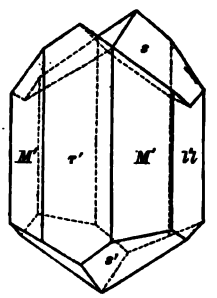


Abb. 288.

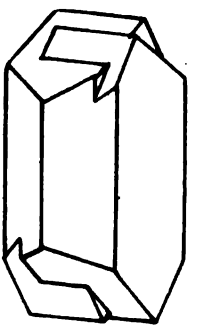


Abb. 289.

In Abb. 289 sind zwei Orthoklaskrystalle dargestellt, welche nach dem Klinopinakoid $\infty\breve{P}\infty$ miteinander verwachsen sind; Zwillingsebene ist jedoch auch hier das Orthopinakoid $\infty\breve{P}\infty$.

Die beiden Krystalle erscheinen in der Richtung des Klinopinakoids seitlich gegeneinander verschoben und durchdringen sich zum Teil. Diese häufigste Art der Kalifeldspatzwillinge nennt man »Karlsbader Zwillinge«.

Seltener sind die sogenannten »Manebacher« und »Bavenoër Zwillinge«; bei ersteren ist eine Fläche des basischen Pinakoids $0P$, bei letzteren eine solche des Klinodomas $2\breve{P}\infty$ Zwillingsebene. Außerdem kommen vereinzelt noch andere Arten von Orthoklaszwillingen vor.

6. Auch an **triklin** krystallisierenden Mineralien ist Zwillingsbildung sehr häufig zu beobachten.

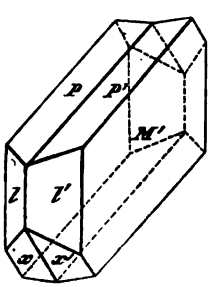


Abb. 290.

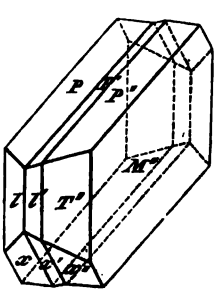


Abb. 291.

Als Zwillingsebene tritt dabei zumeist eine Fläche des Brachypinakoids, $\infty\breve{P}\infty$, auf, z. B. bei den Zwillingen der triklinen Feldspate, der Plagioklase.

Abb. 290 zeigt einen derartigen Albitzwilling, an welchem die sehr stumpfen ein-, bzw. ausspringenden Winkel besonders beachtenswert sind.

Diese Zwillingsbildung nach $\infty\breve{P}\infty$ hat sehr oft wiederholt stattgefunden, wobei die mittleren Einzelkrystalle häufig nur als ganz dünne

Lamellen ausgebildet sind, wie der in Abb. 294 dargestellte Drilling erkennen läßt. Sind zahlreiche Krystalle derart miteinander verzwillingt, so entsteht die für die Plagioklase so charakteristische Zwillingsstreifung auf den Flächen des oberen makrodiagonalen Grundhemidomas $'\bar{P}'\infty$.

Zwillinge besitzen oft einen höheren Grad von Symmetrie als die sie zusammensetzenden Einzelkrystalle, was bisweilen den Anschein erwecken kann, als ob der Zwilling, Drilling usw. einem System mit vollkommeneren Symmetrieverhältnissen als einfache Form angehörte; z. B. sehen die Durchkreuzungsdrillinge des rhombischen Aragonits oder Cerussits hexagonalen Krystallen täuschend ähnlich. Beim monoklinen Phillipsit begegnet man sogar Verwachsungen, welche dem regulären Rhombendodekaëder äußerlich gleichen [sogenannte »mimetische« Krystalle (*μιμητός*, mimetos = nachgeahmt)].

3. Gesetzmäßige Verwachsungen von Krystallen verschiedener Mineralien.

Vereinzelt finden sich schließlich noch gesetzmäßige Verwachsungen von Krystallen verschiedener Mineralien, d. h. Kryställchen des einen Minerals sind auf den Flächen, — oft nur auf bestimmten —, eines größeren Krystalls des anderen in bestimmter Orientierung aufgewachsen oder auch im Inneren desselben in bestimmter Lage eingewachsen.

So kennt man z. B. Verwachsungen der ersteren Art zwischen Eisenglanzrhomboëdern und Rutilnädelchen oder zwischen prismatischen Cyanit- und Staurolithkrystallen.

Quarzkrystalle beherbergen in ihrem Inneren bisweilen langspießige, dünne Rutilnadeln, welche in ganz bestimmten Richtungen angeordnet sind.

Auch die den Farbenschiller und Asterismus gewisser Mineralien bedingenden, meist mikroskopisch kleinen, gesetzmäßig orientierten Einlagerungen anderer Mineralien sind hierher zu rechnen.

Unregelmäßige Verwachsungen.

Sind zahlreiche Krystalle eines Minerals regellos miteinander verwachsen, so daß die frei ausgebildeten Enden der einzelnen Krystalle die verschiedenste Lage haben, so nennt man das Gebilde eine Krystall-»Druse«.

Dabei kann die gemeinsame Unterlage aus dem gleichen Mineral wie die Krystalle oder auch aus einem anderen Material bestehen.

Die Form der Druse ist abhängig von der Flächenbeschaffenheit der Unterlage, auf welcher sie sich bildete.

Ist die Abscheidung auf den Wandungen eines Hohlraumes (Blasenraumes) erfolgt, so erscheint letzterer im Inneren ganz mit Krystallen ausgekleidet,

welche ihre freien Endigungen der Mitte des Hohlraumes zuwenden; solche Drusen heißen »Geoden« oder »Mandeln«.

Nahezu gleich große, winzige Kryställchen eines Minerals überziehen in zusammenhängender Schicht nicht selten andere Mineralien, bzw. größere Krystalle derselben mit einer gleichförmigen Kruste; man spricht in solchen Fällen von »drusigen Überzügen« oder, falls die Kryställchen sehr klein sind, von einer »Drusenhaut«.

Sind Krystalle eines Minerals derart miteinander verwachsen, daß keine oder nur wenige Krystallflächen deutlich erkennbar sind, so nennt man das Aggregat (d. h. die Anhäufung) »krystallinisch«.

Dabei sind die einzelnen dasselbe zusammensetzenden Krystalle entweder mit bloßem Auge leicht unterscheidbar oder auch bisweilen so klein, daß es schwer fällt, die einzelnen Teilchen ohne weiteres deutlich zu erkennen; die ersteren heißen »grobkrystallinische« (makrokrystallinische), die zweiten »feinkrystallinische« (mikrokrystallinische) Aggregate.

Sinkt die Größe der Partikelchen so weit herab, daß man das Mikroskop zu Hilfe nehmen muß, um dieselben unterscheiden zu können, so spricht man von »kryptokrystallinischen« Aggregaten (κρυπτός, kryptos = verborgen).

Je nach der Absonderungsform der einzelnen Krystalle einer solchen Zusammenhäufung unterscheidet man weiter zwischen »körnigen«, (wenn dieselben aus mehr oder minder eckigen, seltener rundlichen Körnern bestehen), »blättrigen«, (lamellaren), (wenn sie aus tafeligen Krystallblättern zusammengesetzt erscheinen), und »stengligen« Aggregaten, (wenn sie aus kantigen oder mehr cylindrischen Stäbchen, bzw. aus einseitig sich verjüngenden Nadeln bestehen). Sehr dünnstenglige Aggregate nennt man auch »faserige«, sehr dünn- und kleinblättrige auch »schuppige«.

Äußerst feinfaserige, mikrokrystallinische Aggregate bilden oft kugelige, cylindrische, zapfen- oder keulenförmige Gesamtformen, welche auf dem Querschnitt oder Querbruch radialfaserige Struktur zeigen (d. h. die einzelnen Krystallnädelchen laufen vom Mittelpunkt aus nach allen Seiten nach außen).

Sind zahlreiche derartige Formen nebeneinander zur Ausbildung gelangt und zum Teil miteinander verwachsen, so entstehen Aggregate von traubiger, nierenförmiger, schaliger, oolithischer Struktur, bzw. Oberflächenbeschaffenheit.

Zu erwähnen sind hier auch noch jene zum Teil zierlichen Gebilde, welche durch Aneinanderreihung winziger Kryställchen eines Minerals in der Richtung der Krystallachsen entstanden sind, und die man je nach der Gestalt als zahnförmige, baumförmige, drahtförmige, haarförmige, federförmige, blattförmige, blechförmige, als ästige oder gestrickte Formen bezeichnet. Dieselben finden sich besonders bei einigen gediegenen Metallen (Gold, Silber, Kupfer, Wismut).

Den Gegensatz zu den krystallinischen Mineralien bilden die in der Minderzahl auftretenden **amorphen** (ἄμορφος, amorphos = gestaltlos).

Bei denselben steht die äußere (unregelmäßige) Form in keinerlei gesetzmäßigem Zusammenhange mit der chemischen Zusammensetzung und den physikalischen Eigenschaften.

Sie sind entweder durch Verdampfen von Lösungen oder durch Erstarren aus einem Schmelzfluß entstanden und sind im allgemeinen leichter zersetzbar und schmelzbar als krystallisierte Substanzen; auch haben sie keinen bestimmten Schmelzpunkt wie letztere, sondern werden beim Erhitzen allmählich weich und flüssig.

Muschelige, glatte, stark glänzende Bruchflächen deuten auf amorphen Zustand hin.

Die in freien Räumen gebildeten amorphen Mineralien zeigen kugelige, knollige, cylindrische, traubige, nierige oder tropfsteinartige Oberflächenformen.

Pseudomorphosen.

Bisweilen treten Mineralien in Krystallformen auf, welche ihnen nicht eigentümlich sind.

Bei näherer Untersuchung stellt sich heraus, daß diese scheinbaren »Krystalle« krystallinische Aggregate sind, welche die äußere Form von einem früher an der gleichen Stelle vorhanden gewesenen krystallisierten Mineral erborgt, übernommen haben.

Man nennt diese Gebilde »Pseudomorphosen«, (ψευδής, pseudes = täuschend, μορφή, morphe = Gestalt). Die ursprüngliche Masse des Krystalls hat also unter Beibehaltung der äußeren Form eine chemische Veränderung erlitten.

Man unterscheidet, je nach der Entstehungsweise, zwischen Ausfüllungs- (oder Umhüllungs-)Pseudomorphosen und Umwandlungs-Pseudomorphosen.

Bei der ersteren Art, den **Umhüllungs-** oder **Ausfüllungspseudomorphosen,** wurde, wie schon der Name sagt, der ursprüngliche Krystall von andersartiger Mineralsubstanz umhüllt; durch irgendwelche Lösungsvorgänge ist dann der Krystall zum Verschwinden gebracht, ausgelaugt worden, während die Hülle bestehen blieb, nun einen Hohlraum umschließend, welcher genau die äußere Form des ehemaligen Krystalls zeigte. In diesem sogenannten »negativen Krystall« gelangte späterhin andere, neue Mineralsubstanz zur Ablagerung, welch erstere beim Entfernen der Umhüllung nun äußerlich genau dieselbe Form zeigt wie der einstige Krystall.

Im zweiten Falle, bei den **Umwandlungspseudomorphosen,** hat, wie der Name andeutet, nach und nach eine Umwandlung der ursprünglichen Mineralsubstanz in eine andere durch äußere chemische Einflüsse,

— meist durch Lösungen —, stattgefunden. Diese Umwandlung schreitet, an der Oberfläche des Krystalls beginnend, allmählich nach dem Inneren fort, bis schließlich der ganze ursprüngliche Krystall aus anderem Stoff besteht. Beim Zerschlagen solcher in der Umwandlung begriffener Krystalle kann man innen oft noch einen Kern des ursprünglichen Materials wahrnehmen, während die äußere Rinde bereits verändert ist, z. B. bei den bekannten Pseudomorphosen von Malachit nach Rotkupfererz oder bei denen von Brauneisenerz nach Schwefelkies.

Je nach der Art der einwirkenden Lösungen hat entweder nur ein teilweiser Austausch von Bestandteilen, ein Verlust oder eine Aufnahme von solchen, oder endlich ein völliger Wechsel der chemischen Bestandteile stattgefunden, so daß in letzterem Falle von der ursprünglichen Substanz nichts mehr vorhanden ist, während bei den ersten drei Möglichkeiten wenigstens ein Teil der ursprünglichen chemischen Bestandteile erhalten blieb.

Bei völligem Wechsel der letzteren spricht man auch von »Verdrängungspseudomorphosen«.

Schließlich sind noch einige wenige Beispiele bekannt, in welchen zwar keine chemische Veränderung der Substanz des ursprünglichen Krystalls vor sich gegangen ist, wohl aber die physikalischen Eigenschaften zum Teil andere geworden sind, daß z. B. rhombische Aragonitkrystalle in hexagonalen Kalkspat (von gleicher chemischer Zusammensetzung) übergegangen sind.

Derartige Pseudomorphosen sind nur bei solchen Substanzen möglich, welche die Fähigkeit besitzen, in verschiedener Krystallform auftreten zu können, (sogenannte polymorphe Substanzen [πολύς, polys = viel, μορφή, morphe = Gestalt]).

Man hat diese Pseudomorphosen mit einem besonderen Namen belegt: »Paramorphosen« (von παρά-, para- = neben, μορφή, morphe = Gestalt, Bildung).

Physikalische Eigenschaften der Mineralien.

Bruch.

Ein willkommenes Mittel zur Unterscheidung äußerlich ähnlicher Mineralien bietet bisweilen das Aussehen der Bruchflächen dar.

In den meisten Fällen wird das betreffende Mineralstück bereits derartige Bruchflächen aufweisen, welche bei der Lostrennung desselben entstanden sind.

Sollte dies nicht der Fall sein, so muß man an unauffälliger Stelle ein Stückchen des Minerals abzuschlagen versuchen, wobei natürlich darauf zu achten ist, daß etwa vorhandene gute Krystalle oder sonstige charakteristische Merkmale nicht gefährdet werden.

Je nach der Form der Bruchflächen unterscheidet man zwischen »muscheligem Bruch« (wenn die Bruchfläche muschelartige Vertiefungen aufweist, z. B. bei Quarz, — auch bei amorphen Substanzen (Glas) besonders häufig —), »ebenem Bruch« (wenn die Bruchfläche, nur ganz geringe Erhöhungen und Vertiefungen zeigend, einer ebenen Fläche ähnelt) oder »unebenem Bruch« (wenn, im Gegenteil, zahlreiche Niveauunterschiede vorhanden sind).

Ferner pflegt man auch noch die Beschaffenheit der Bruchfläche anzugeben, also ob sie glatt oder rauh (anzufühlen), ob sie »splittrig« (wenn sich von der Oberfläche Sprünge ins Innere fortsetzen, so daß halbabgelöste, kleine Splitter wahrzunehmen sind), (Abb. 292), z. B. bei Feuerstein, ob sie »hakig« (wenn kleine, mehr oder weniger gekrümmte Spitzen

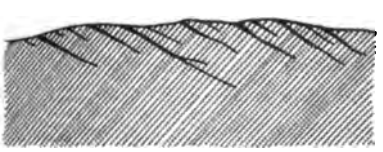


Abb. 292. Querschnitt (vergrößert).

Abb. 293. Querschnitt (vergrößert).

von hakenartiger Form vorhanden sind), (Abb. 293), z. B. bei Gold, Silber und Kupfer häufig zu beobachten), oder ob sie »erdig« ist, (wenn die Bruchfläche aus sandigen oder staubartigen Teilchen besteht).

Spaltbarkeit.

Bei einer ganzen Reihe von Mineralien gelingt es nicht, oder wenigstens nur schwierig, eine Bruchfläche zu erhalten; es entstehen vielmehr beim Zerschlagen Stücke, welche von ebenen Flächen von ganz bestimmter gegenseitiger Lage begrenzt sind: »Spaltungsflächen«, welche auch bezüglich der Achsenkreuze eine ganz bestimmte Orientierung zeigen und immer einer möglichen Krystallfläche parallel gehen.

Der Zusammenhalt der kleinsten Teilchen, der »Moleküle«, der Substanz ist in der Richtung senkrecht zu den Spaltungsflächen offenbar ein besonders geringer und lockerer.

Nach einer solchen Spaltungsrichtung lassen sich beliebig viele Spaltungsflächen erzeugen; jede abgespaltene Lamelle läßt sich zu dünneren Blättchen weiter spalten, bis schließlich unsere Hilfsmittel (Messer, Meißel) für eine weitere Zerteilung nicht mehr fein genug sind.

Wie bei den Krystallformen, so kann man auch bei den durch die Spaltbarkeit herstellbaren Spaltungsformen geschlossene und offene unterscheiden.

So z. B. spalten im regulären System: Flußspat und Rotkupfererz nach dem Oktaëder, d. h. man kann z. B. aus einem Flußspatwürfel durch Abspaltung der Ecken ein Oktaëder erhalten; Steinsalz und Bleiglanz spalten nach dem Würfel; Zinkblende nach dem Rhombendodekaëder.

Im hexagonalen System: Apatit nach dem Prisma, ∞P, und dem basischen Pinakoid, $0P$; Beryll nur nach dem basischen Pinakoid, $0P$; Kalkspat nach dem Grundrhomboëder, R.

Im tetragonalen System: Scheelit nach der tetragonalen Grunddoppelpyramide, P; Rutil und Zinnstein nach dem tetragonalen Prisma, ∞P, bzw. $\infty P\infty$; Apophyllit und Uranglimmer nach dem basischen Pinakoid, $0P$.

Im rhombischen System: Schwefel nach der Grunddoppelpyramide P; Weißbleierz nach dem rhombischen Prisma, ∞P; Topas nach dem basischen Pinakoid, $0P$; Antimonglanz nach dem Brachypinakoid, $\infty\breve{P}\infty$.

Im monoklinen System: Gyps nach einer Grundhemipyramide, P, bzw. $-P$; Augit und Hornblende nach dem monoklinen Prisma, ∞P; Magnesiaglimmer, Kalifeldspat und Epidot nach dem basischen Pinakoid, 0P; Epidot außerdem nach dem Orthopinakoid, $\infty\breve{P}\infty$; Gyps und Kalifeldspat noch nach dem Klinopinakoid $\infty\breve{P}\infty$.

Im triklinen System schließlich: Labradorit nach einem Hemiprisma $\infty P'$, bzw. $\infty'P$; derselbe, sowie Albit und Oligoklas nach dem basischen Pinakoid, $0P$, und dem Brachypinakoid, $\infty\breve{P}\infty$. —

Je nach der mehr oder weniger leichten Herstellbarkeit und Glätte der Spaltungsflächen unterscheidet man zwischen: höchst vollkommener, vollkommener, deutlicher, unvollkommener und höchst unvollkommener Spaltbarkeit.

Höchst vollkommene, bzw. vollkommene Spaltbarkeit gibt sich oft durch Perlmutterglanz auf den betreffenden Flächen zu erkennen.

Tenacität.

Die Tenacität, (tenax = festhaltend, zähe), drückt die Art und Weise des Zusammenhanges der kleinsten Teilchen eines Minerals, den Widerstand, den dieselben der Trennung entgegensetzen, aus.

Man bezeichnet ein Mineral als

spröde, wenn ein mit einer Messerschneide, einer Stahlspitze oder dergleichen ausgeübter kräftiger Druck Veranlassung zur Bildung von Rissen und Sprüngen gibt, welche sich nach vielen Richtungen von selber weiter fortsetzen, so daß oft kleine Splitter abspringen, (z. B. bei Zinkblende und Feldspat);

mild, wenn im Gegenteil eine Fortsetzung des gebildeten Eindruckes von selber kaum erfolgt, und die losgelösten Teilchen pulverig sind (z. B. bei Speckstein);

geschmeidig, wenn sich weder Splitter, noch pulverige Teile bilden, und die abgetrennten Portionen ihren Zusammenhang bewahren, daß man also Späne abschneiden kann (z. B. bei Silberglanz, Gold, Silber, Kupfer, Blei);

dehnbar (duktil), wenn sich das Material zu dünnen Blättchen (Blechen) ausschlagen oder zu Draht ziehen läßt, (z. B. Gold, Silber, Kupfer, Blei);

biegsam, wenn sich dünne Stücke (Blättchen, Nadeln) des betreffenden Minerals biegen lassen und in der gebogenen Stellung dauernd verharren (z. B. Talk, Gyps);

elastisch, wenn die dünnen Stücke beim Nachlassen der biegenden Kraft in ihre ursprüngliche Form oder Lage wieder zurückschnellen (z. B. Glimmer).

Härte.

Eines der wichtigsten Bestimmungsstücke der Mineralien bildet von jeher die Härte, obschon ihre Bestimmung nicht in allen Fällen so zuverlässig und genau ist, als man vorerst glauben möchte.

Die Härte ist ein Maß für den mehr oder weniger festen Zusammenhang der kleinsten Teilchen (Moleküle) eines Minerals. Da aber dieser Zusammenhang unter Umständen, — wie wir ja schon bei der Spaltbarkeit erfahren haben —, in gewissen Richtungen ein lockerer, weniger fester als in anderen ist, so wird auch die Härtebestimmung in solchen Fällen je nach der Richtung verschiedene Werte ergeben.

So beobachtet man z. B., daß die Härte bei manchen hexagonal krystallisierenden Mineralien auf den Flächen des basischen Pinakoids einen anderen Wert hat als auf den Prismenflächen; ja es sind Fälle bekannt, in denen die Härte auf einunderselben Fläche je nach der Richtung stark variiert, (z. B. beim triklinen Disthen herrscht auf den Flächen des

Makropinakoids, $\infty\bar{P}\infty$, in der Richtung der c-Achse Härte 5, in der dazu senkrechten Richtung aber Härte 7!).

Trotzdem bildet die Härtebestimmung wegen ihrer leichten und schnellen Ausführbarkeit für die Praxis eines der wertvollsten Hilfsmittel beim Bestimmen der Mineralien.

Die von Mohs (1820) aufgestellte **Härteskala,** welche aus zehn, deutliche Härteunterschiede zeigenden, leicht in guten Stücken erreichbaren Mineralien besteht, erfreut sich auch heute noch allgemeinster Benutzung[1]); die zehn Mineralien sind nach ihrer steigenden Härte in einer Reihe angeordnet:

Härte 1 = Talk;		Härte 6 = Feldspat (Orthoklas);	
» 2 = Gyps (oder Steinsalz);		» 7 = Quarz;	
» 3 = Kalkspat (Marmor);		» 8 = Topas;	
» 4 = Flußspat;		» 9 = Korund;	
» 5 = Apatit;		» 10 = Diamant.	

Die Intervalle zwischen je zwei benachbarten Gliedern der Härteskala sind in Wirklichkeit außerordentlich verschieden. Wenn ein Mineral z. B. die Härte 6 hat, so heißt das keineswegs: es ist sechsmal so hart wie Talk; denn setzt man die Härte des Talks gleich 1, so hat Gyps in Wirklichkeit die Härte: 11¼; Kalkspat: 148¼; Flußspat: 165; Apatit: 214½; Feldspat: 1221; Quarz: 3960; Topas: 5775; Korund: 33000 und Diamant: 4620460! Die Intervalle zwischen den benachbarten Gliedern der Skala verhalten sich also wie: 2,4 : 6,5 : 1 : 3 : 61 : 166 : 110 : 1650 : 278027!

Da es aber ja lediglich auf die Bestimmung der relativen Härte ankommt, genügt für praktische Zwecke die Mohssche Skala.

Der eine solche Härteskala sehr verteuernde Diamant ist entbehrlich, weil außer ihm kaum Mineralien vorkommen, deren Härte größer als diejenige des Korunds ist.

Von den übrigen neun Mineralien beschaffe man sich gute, vor allem nicht zu kleine Stücke, (wie sie in den käuflichen Härteskalen leider bisweilen zu finden sind), die man in ein flaches Kästchen mit neun Fächern einordnet[2]).

Bei der Bestimmung sucht man sich an dem zu prüfenden Mineral zunächst eine scharfe Kante oder Spitze heraus, — aber ja nicht etwa die

---

1) Die zwölfgliedrige Breithauptsche Härteskala hat weniger Eingang gefunden.

2) Härteskalen liefern u. a.:

E. A. Böttcher, Berlin C 2, Brüderstr. 15: Härteskala ohne Diamant, in poliertem Holzkasten, mit Magnet und Feile, 7,50 Mk.; desgl. mit Diamant und Strichtafel: 10,50 Mk.; die Mineralienniederlage der Königl. Sächs. Bergakademie zu Freiberg: Härteskala nach Mohs, ohne Diamant, in poliertem Kästchen, mit Strichtafel, Feile und Magnet: 6 Mk.; Dr. F. Krantz, Bonn a. Rh.: Härteskala in 10 und 12 Graden, mit Diamant, Feile und Strichtafel in poliertem Kasten: 12 Mk.; Taschenhärteskala (3 cirka 10 cm lange vernickelte Stifte mit konischen Mineralspitzen an beiden Enden; $H = 6, 7, 7\frac{1}{2}, 8, 8\frac{1}{2}$ und 9), in Etui: 10 Mk.

besten Krystalle! —, und versucht, mit derselben die Stücke der Härteskala zu ritzen, wobei man zweckmäßig bei den härteren anfangend allmählich zu immer weicheren übergeht, um letztere nicht unnötig abzunutzen.

Ist dabei z. B. auf dem Kalkspatstück ein Ritz entstanden, so geht daraus hervor, daß das betreffende Mineral härter als Kalkspat ist.

Nunmehr probiert man, ob sich das zu bestimmende Mineral mit dem nächst höheren Gliede der Skala, — also hier mit Flußspat —, ritzen läßt oder nicht.

Entsteht ein Ritz, so liegt die Härte des betreffenden Minerals zwischen den Härtegraden der beiden Probestücke — also hier zwischen 3 und 4 —; ist dagegen keine Ritzung erfolgt, so hat es genau den höheren der beiden Härtegrade, — im vorliegenden Falle: 4 —.

Man kann natürlich auch von vornherein so verfahren, daß man, bei Talk beginnend, das zu prüfende Material mit den Gliedern der Härteskala zu ritzen versucht.

In jedem Falle hat man sich aber genau davon zu überzeugen, ob auch wirklich eine Ritzung erfolgt ist; denn auch wenn die ritzende Spitze weicher ist als die geritzte Fläche, entsteht oft ein Strich, der aber nicht aus losgelösten Teilchen des härteren Materials der Fläche besteht, sondern aus Pulver, das von der Spitze abbröckelte. Man mache es sich deshalb zur Regel, nach dem Ritzen das entstandene Pulver wegzublasen oder besser mit dem Finger wegzuwischen. Ist tatsächlich ein Ritz entstanden, so muß auch jetzt noch eine Schramme wahrnehmbar sein.

Im Notfalle, z. B. auf Reisen, kann man sich ohne besondere Härteskala behelfen: Sehr weiche Mineralien, etwa von der Härte 1, fühlen sich fettig an (z. B. Talk, Speckstein); Gyps, also Härte 2, läßt sich noch mit dem Fingernagel ritzen; als dritten Grad kann man eine Kupfermünze benutzen; Fensterglas hat etwa Härte 5, und guter, gehärteter Stahl ungefähr Härte 6.

In Büchern pflegt man die Angaben über die Härte gewöhnlich abgekürzt durch ein *H* mit der den Mohsschen Graden entsprechenden Zahl auszudrücken; also z. B. Quarzhärte: $H = 7$ oder $H7$.

Specifisches Gewicht.

Wenn lose Krystalle eines unbekannten Minerals, rohe oder geschliffene Edelsteine u. dergl. vorliegen, oder wenn sich von einer Mineralstufe einige Stückchen losgelöst haben, empfiehlt sich oft eine wenigstens annähernde Feststellung des specifischen Gewichts, weil dieselbe bisweilen die genaue Bestimmung der Natur des betreffenden Minerals außerordentlich vereinfacht und in vielen Fällen, wo sich zwei Mineralien in den übrigen Eigenschaften sehr ähneln, ausschlaggebend sein kann.

Es genügt dazu meist schon ein kleiner Splitter des Minerals, nur muß derselbe von reinem, unzersetztem Material, (ohne Gangart und sonstige Beimengungen, ohne Hohlräume), stammen. Das »specifische Gewicht« (oder die »Dichte«) ist ja bekanntlich eine Verhältniszahl, welche angibt, um wievielmal schwerer oder leichter der betreffende Körper ist als ein gleiches Volumen reines Wasser von + 4° Celsius.

Kennt man also das Gewicht eines Körpers und das Gewicht der von ihm verdrängten Wassermenge, — oder, was auf dasselbe hinausläuft, sein Volumen —, so erhält man durch Division des ersteren durch letzteres ohne weiteres diese Verhältniszahl.

Nach dem sogenannten Archimedischen Prinzip verliert jeder Körper beim Untertauchen in einer Flüssigkeit scheinbar so viel an seinem Gewicht, als das Gewicht der von ihm verdrängten Flüssigkeitsmenge, — d. h. seines Volumens —, beträgt.

Man kann demnach auf verschiedene Art und Weise zum Ziele gelangen. Entweder bestimmt man durch Wägung oder Volumenmessung die Menge des verdrängten Wassers, (bzw. einer anderen Flüssigkeit von bekanntem, specifischem Gewicht), oder man stellt den scheinbaren Gewichtsverlust beim Eintauchen in Wasser fest; das Gewicht des betreffenden Körpers ermittelt man vorher in üblicher Weise durch einfache Wägung auf einer guten Wage.

I. Die Bestimmung der Menge des verdrängten Wassers setzt außer einer empfindlichen Wage das Vorhandensein eines sogenannten **Pyknometers** (*πυκνός*, pyknos = fest, dicht; Pyknometer = Dichtemesser) voraus.

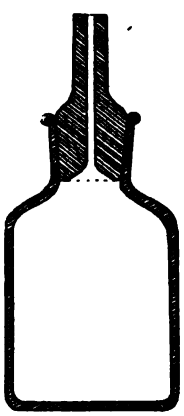


Abb. 294.

Dasselbe besteht in der für vorliegenden Zweck gebräuchlichen Form meist aus einem kleinen Glasfläschchen, dessen eingeschliffener Glasstöpsel eine feine, centrale Durchbohrung besitzt (Abb. 294).

Man füllt zunächst das Fläschchen ganz mit destilliertem Wasser, setzt den Stöpsel ein, (wobei das überschüssige Wasser z. T. durch die Bohrung entweicht), trocknet gut ab und achtet darauf, daß das Wasser in der Durchbohrung genau bis zu einer (äußerlich angebrachten) Marke reicht. Sollte etwas daran fehlen, so läßt man noch ein Tröpfchen zufließen; ist zuviel vorhanden, so entfernt man den Überschuß durch vorsichtiges Abtupfen mit einem Streifchen Fließpapier.

Dann wägt man das gefüllte Fläschchen und notiert sich ein für allemal das genaue Gewicht; dasselbe betrage z. B. 48,732 g. Nachdem man das Gewicht des Mineralsplitters, Krystalls oder dergl. bestimmt hat, (dies sei z. B. zu 0,753 g gefunden worden), bringt man denselben in das Fläschchen, füllt wiederum mit destilliertem Wasser bis zur Marke auf und wägt nochmals (das Fläschchen + Wasser + Mineralsplitter wiege nun z. B. 49,054 g).

Das specifische Gewicht des Minerals, von welchem der Splitter stammt, ist dann:

$$\frac{0{,}753}{48{,}732 + 0{,}753 - 49{,}054} = \frac{0{,}753}{0{,}331} = 2{,}27.$$

Ganz allgemein ausgedrückt ist:

$$\text{specifisches Gewicht} = \frac{M}{P + M - G},$$

wobei M das Gewicht der zu bestimmenden Substanz, P das Gewicht des Pyknometers + Wasser + Substanz und G das Gewicht des Pyknometers, nur mit Wasser gefüllt, bedeutet[1]).

II. Bei der zweiten Methode, bei welcher man den scheinbaren Gewichtsverlust beim Eintauchen in Wasser feststellt, benutzt man gewöhnlich eine sogenannte **hydrostatische Wage** nach Mohr-Westphal.

Dieselbe ist derart eingerichtet, daß man das eine Mal das Mineralstückchen, wie gewöhnlich, in Luft, das andere Mal an einem möglichst feinen Faden, Haar (ja nicht etwa Pferdehaar, wie man bisweilen liest; denn je dicker der Aufhängefaden, umso ungenauer das Resultat!) oder Draht (feiner Platindraht) hängend, vollständig in destilliertem Wasser untergetaucht wägen kann.

Bei der Mohr-Westphalschen Wage (Abb. 295) trägt das eine Ende des ungleicharmigen Wagebalkens an drei dünnen Kettchen ein Schälchen,

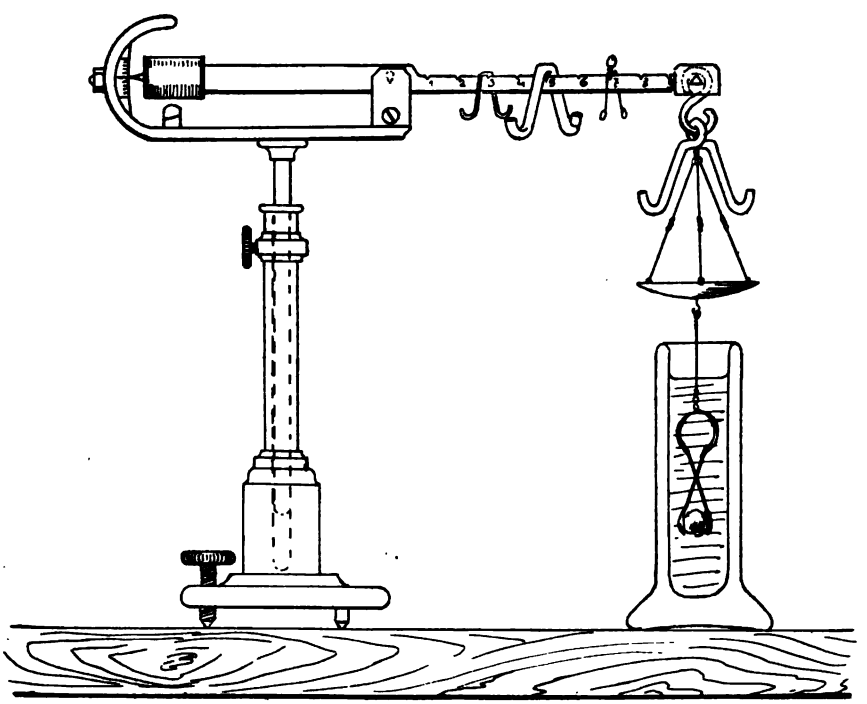


Abb. 295.

1) Bei sehr genauen Bestimmungen muß auch noch die Temperatur berücksichtigt werden.

an welchem unten mittels eines feinen Platindrahtes eine federnde Zange angehängt ist; das andere, mit einem Gegengewicht beschwerte Ende läuft in eine Zunge aus, welche vor einer senkrecht stehenden, bogenförmigen Teilung spielt; Anschläge verhindern zu weite Schwingungen des Wagebalkens. Der längere Arm des letzteren ist in zehn gleiche Teile geteilt; diese Einrichtung ermöglicht es, mit nur dreierlei ⎍-förmigen Gewichten auszukommen: hängt man dieselben an das am Ende über der Wagschale angebrachte Häkchen, so bedeuten die größten ganze Gramme, die mittleren Zehntel- und die kleinsten Hundertstel-Gramme; setzt man sie dagegen in die Kerben des geteilten Balkens, so geben die größten soviel Zehntel-, die mittleren soviel Hundertstel- und die kleinsten soviel Tausendstel-Gramme an, als die an der betreffenden Kerbe stehende Zahl beträgt.

Bei der Bestimmung füllt man zunächst ein beigegebenes, cylindrisches Gläschen mit reinem (destilliertem) Wasser, setzt es so unter die kleine Wagschale, daß die Zange vollständig eintaucht, ohne dabei irgendwo die Wandung des Glases zu berühren — auch etwa anhängende Luftblasen sind sorgfältig zu entfernen —, bringt mittels der ⎍-förmigen Gewichte die Wage ins Gleichgewicht und notiert sich die dazu nötige Anzahl Gramme bzw. Bruchgramme (1).

Dann legt man den Mineralsplitter auf das Schälchen und bringt den Zeiger wiederum zum Einspielen (2).

Zieht man dieses zweite Gewicht von dem zuerst gefundenen ab, so erhält man das Gewicht des Mineralsplitters (in Luft gewogen).

Schließlich klemmt man denselben vorsichtig in die federnde Zange, taucht sie vollständig im Wasser unter und bringt die Wage nochmals ins Gleichgewicht (3).

Subtrahiert man von diesem letzten Werte den zu zweit gefundenen, so erhält man den scheinbaren Gewichtsverlust in Wasser, welcher durch Division in das Gewicht des Mineralsplitters ohne weiteres das specifische Gewicht des betreffenden Minerals ergibt; z. B.

(1) Zange in Wasser untergetaucht	2,738 g
(2) » » » » , Mineralsplitter auf der Wagschale	1,743 g
Gewicht des Splitters	0,995 g;
(3) Zange mit Mineralsplitter in Wasser getaucht.	2,135 g
—(2) Zange in Wasser getaucht, Mineralsplitter auf der Wagschale	1,743 g
Scheinbarer Gewichtsverlust in Wasser . . .	0,392 g

Specifisches Gewicht des Minerals $= \frac{0{,}995}{0{,}392} = 2{,}53$.

III. Bei einer dritten Methode bedient man sich sogenannter **schwerer Lösungen,** d. h. Flüssigkeiten, welche ein sehr hohes specifisches Gewicht besitzen.

Ein fester Körper wird nämlich in einer Flüssigkeit nach oben steigen, »schwimmen«, wenn deren specifisches Gewicht größer ist als sein eigenes, (so schwimmt ja z. B. Eisen auf Quecksilber, weil das specifische Gewicht des letzteren 13,6, das des ersteren dagegen nur etwa 7,6 beträgt).

Hat der feste Körper genau dasselbe specifische Gewicht wie die Flüssigkeit, so wird er in derselben an jeder Stelle schweben bleiben; er sinkt jedoch zu Boden, wenn die Dichte der Flüssigkeit kleiner ist als seine eigene.

Man kann bei der Bestimmung also entweder derart verfahren, daß man den zu untersuchenden Körper der Reihe nach in vorrätig gehaltene Lösungen verschiedener Dichte bringt, deren specifisches Gewicht genau bekannt ist, und feststellt, in welcher Lösung der Körper eben schweben bleibt; oder man benutzt eine schwere Lösung, deren specifisches Gewicht vorerst größer ist als dasjenige des Minerals — so daß letzteres also schwimmt —, verdünnt dieselbe allmählich, bis das Mineralstückchen schwebend erhalten wird, und bestimmt nunmehr mittels der Mohr-Westphalschen Wage das specifische Gewicht der Flüssigkeit, das jetzt demjenigen des Minerals gleicht[1]).

In allen Fällen, in denen eine annähernde Bestimmung genügt, wird man die erstere, bequemere Methode benutzen und kommt dabei meist mit einigen wenigen Flüssigkeiten verschieden hohen specifischen Gewichts aus, welche man in Flaschen mit eingeschliffenem Stopfen aufbewahrt.

An derartigen »schweren Lösungen« sind in Gebrauch:

1. Kaliumquecksilberjodidlösung, sogenannte »Thouletsche Lösung«, mit einem specifischen Gewicht bis zu 3,196.

Man erhält sie, indem man 200 g Kaliumjodid (Jodkalium, KJ; 100 g kosten ca. 4 Mk.), und 273,3 g Mercurijodid (rotes Quecksilberjodid, HgJ_2; 100 g kosten ca. 3,30 Mk.), in 75 g destilliertem Wasser löst, die Lösung in einer Porzellanschale auf dem Wasserbade bis zur beginnenden Krystallisation eindampft und nach dem Erkalten filtriert.

Die Lösung läßt sich in jedem Verhältnis mit (destilliertem) Wasser mischen, so daß man sich Flüssigkeiten aller möglichen specifischen Gewichte zwischen 3,19 und 1 herstellen kann; außerdem lassen sich verdünnte Lösungen durch Eindampfen auf dem Wasserbade wieder auf höheres specifisches Gewicht bringen.

Die Kaliumquecksilberjodidlösung ist giftig und greift — wie alle

1) Zu diesem Zweck ist der Wage meist ein sogenannter Senkkörper beigegeben, welchen man an Stelle der Wagschale und Zange am längeren Arm des Wagebalkens mit einem feinen Platindraht aufhängt und in die zu untersuchende Flüssigkeit, die sich in dem kleinen Glascylinder befindet, vollständig eintauchen läßt.

Quecksilbersalzlösungen —, Metallgegenstände an; (also Vorsicht mit goldenen Ringen und dergleichen!).

2. Baryumquecksilberjodidlösung, sogenannte »Rohrbachsche Lösung«, hat ein specifisches Gewicht bis zu 3,58; läßt sich nicht beliebig mit Wasser verdünnen, weil sie sich dabei zersetzt. Ist auch giftig und greift Metallgegenstände ebenfalls an.

3. Cadmiumborowolframatlösung, sogenannte »Kleinsche Lösung«, (borwolframsaures Cadmium, $[(WO_3)_9 \cdot (CdO)_2 \cdot [BO \cdot (OH)_2]_2 + 16H_2O]$ besitzt ein specifisches Gewicht bis zu 3,6 (meist jedoch nur 3,28).

Die Darstellung ist bedeutend umständlicher und schwieriger als diejenige der Kaliumquecksilberjodidlösung, ebenso die Concentration der verdünnten Lösungen. Sie zerstört die kohlensauren Salze (Carbonate) und ist deshalb bei diesen zu vermeiden.

4. Methylenjodid, CH_2J_2, hat ein specifisches Gewicht von 3,32 bei 16° Celsius. Es ist besonders geeignet für in Wasser lösliche Stoffe und hält sich, im Dunklen aufbewahrt, unverändert. Es besitzt einen süßlichen Geruch und siedet bei 180° unter Zersetzung. Das specifische Gewicht schwankt mit der Temperatur ziemlich stark; etwaige Verdünnung muß mit Benzol oder Xylol vorgenommen werden. Wärme und Sonnenlicht zersetzen die Flüssigkeit allmählich unter Bräunung (von Jodausscheidung herrührend).

5. Bromoform, $CHBr_3$, besitzt ein specifisches Gewicht von 2,8 bis 2,9, siedet bei 151° und stellt eine farblose, angenehm riechende Flüssigkeit dar.

Die genannten Stoffe sind zum Teil ziemlich kostspielig; sie werden unter anderem geliefert von:

E. de Haën, Seelze bei Hannover: Kaliumquecksilberjodidlösung (Merkurikaliumjodid, $2KJ \cdot HgJ_2$): 100 g 3,50 Mk.; Baryumquecksilberjodidlösung: 100 g 4,30 Mk., 1 kg 38,50 Mk.; borwolframsaures Cadmium in Lösung, specifisches Gewicht 3,280: 100 g 5 Mk., 1 kg 44 Mk.; Methylenjodid: 100 g 8,80 Mk., desgl. puriss. specifisches Gewicht 3,320: 100 g 11 Mk.; Xylol, puriss. zum Verdünnen: 1 kg 1,10 Mk.; Benzol: 1 kg 1 Mk.; Jod, zum Verdichten: 100 g 4,50 Mk.; Bromoform: 1 kg 9,70 Mk.; Dr. F. Krantz, Bonn a. Rh.: Kaliumquecksilberjodidlösung, specifisches Gewicht 3,19: 100 g 5,50 Mk.; Baryumquecksilberjodidlösung, specifisches Gewicht 3,5: 100 g 6,50 Mk.; Cadmiumborowolframatlösung, specifisches Gewicht 3,28: 100 g 5,50 Mk.; Methylenjodid, specifisches Gewicht 3,3: 100 g 12 Mk.; Xylol, zum Verdünnen desselben: 100 g 50 Pf.; Benzol, zum gleichen Zweck: 100 g 25 Pf.; Jod zum Verdichten, bis zum specifischen Gewicht von 3,5: 100 g 3,50 Mk.; Dr. Th. Schuchardt, Görlitz: Cadmiumborowolframatlösung, specifisches Gewicht 3,28: 100 g 4,50 Mk.; Methylenjodid, specifisches Gewicht bei +4°C. 3,34: 100 g 10 Mk., 10 g 1,20 Mk.; Bromoform: 100 g 1,40 Mk., 1 kg 11 Mk.

Glanz.

Die Feststellung des Glanzes eines Minerals ergibt gleichfalls ein sehr wertvolles Bestimmungsstück für seine nähere Charakterisierung, weil sich die Beobachtung desselben, zumal bei krystallisierten Mineralien, ohne irgendwelche Hilfsmittel oder Veränderungen des betreffenden Stückes bewerkstelligen läßt.

Unter Glanz versteht man die mit der chemischen Zusammensetzung der Mineralien in Zusammenhang stehende Eigenschaft, das Licht mehr oder weniger stark zurückzuwerfen, zu »reflektieren«; dabei ist naturgemäß die größere oder geringere Glätte der reflektierenden Flächen von großem Einfluß.

Nebenerscheinungen, welche bisher noch wenig näher erforscht wurden, bedingen die zum Teil außerordentlich voneinander abweichenden, verschiedenen Arten des Glanzes.

Je nach der Stärke des Glanzes bezeichnet man ein Mineral als:

„starkglänzend“, wenn die Krystall- oder Spaltungsflächen nahezu völlig eben und glatt sind, so daß durch Zurückwerfung des Lichtes an denselben sehr deutliche und lebhafte Spiegelbilder entstehen (z. B. bei Bergkrystall oder Zinkblende);

„glänzend“, wenn die Zurückwerfung eine weniger kräftige ist, und die Spiegelbilder infolgedessen matt und verschwommen erscheinen (besonders häufig);

„wenig glänzend“, wenn Spiegelbilder so gut wie überhaupt nicht mehr zu erkennen sind, und nur ein Lichtschein in der Richtung des reflektierten Lichtes bemerkbar ist (sehr häufig);

„schimmernd“, wenn auch dieser Lichtschein nicht mehr vorhanden ist, und nur einzelne Stellen einen Lichtschimmer zeigen (z. B. die meisten kleinkrystallinischen Aggregate, wie Alabaster, sehr feinkörniger Marmor usw.);

„matt“, wenn keinerlei Glanz wahrnehmbar ist (z. B. bei den meisten erdigen Mineralien, wie Ton, Kreide usw.).

Die verschiedenen Arten des Glanzes lassen sich größtenteils nicht genau beschreiben, sondern müssen eben durch geeignete Probestücke unmittelbar zur Anschauung gebracht werden. Durch wiederholtes Betrachten der letzteren können wir diese Unterschiede unserem Gedächtnis am besten einprägen.

Man unterscheidet zwischen: Metallglanz, Diamantglanz, Fettglanz, Glasglanz, Perlmutterglanz und Seidenglanz, (bisweilen findet man in Lehrbüchern auch die Einteilung in metallisch glänzende, halbmetallisch glänzende und gemeinglänzende Mineralien nebst Unterabteilungen).

1. Metallglanz. Dieser eigenartige Glanz, den die meisten Metalle, — die unedlen nur an frischer Oberfläche —, zeigen, ist auch bei einer ganzen Reihe von Mineralien, welche Metallverbindungen sind, zu beobachten. Die betreffenden Körper sind immer undurchsichtig. Je nach der Stärke unterscheidet man zwischen vollkommenem und unvollkommenem Metallglanz.

2. Der **Diamantglanz,** welcher, wie schon der Name besagt, am Diamant in besonders hohem Grade auftritt, nähert sich sehr oft dem Metallglanz (namentlich wenn das betreffende Mineral wenig lichtdurchlässig ist) und ist, wie dieser, außerordentlich intensiv und lebhaft.

Man begegnet ihm auch an anderen Mineralien, z. B. an Zinkblende, Anatas, Zinnstein, sowie einigen bleihaltigen Verbindungen: Cerussit, Anglesit, Wulfenit, Krokoit usw.

3. Fettglanz, ruft den Eindruck hervor, als ob der betreffende Körper mit einer dünnen Fettschicht überzogen wäre; z. B. auf den Bruchflächen des Schwefels, Eläoliths und Fettquarzes zu beobachten.

4. Glasglanz, gleicht demjenigen des gewöhnlichen Glases — nicht des Bleiglases usw. — und tritt an Mineralien besonders häufig auf, z. B. an Quarz, Topas, Beryll, Turmalin usw.

5. Perlmutterglanz ist dem eigenartigen, weichen Glanz der Perlmutterschicht an Muschelschalen analog. Er findet sich, wie schon früher erwähnt, besonders auf Flächen, nach welchen sehr vollkommene Spaltbarkeit herrscht, und kann infolgedessen häufig zur Erkennung derselben führen, z. B. bei Gyps, Heulandit, Orthoklas (hier auf $0P$).

Bei gefärbten Mineralien ähnelt er bisweilen dem Metallglanz und wird dann auch als metallartiger Perlmutterglanz bezeichnet (z. B. bei Hypersthen).

6. Seidenglanz ist zu beobachten, wenn das betreffende Mineral in feinen parallelen Fasern abgesondert ist; z. B. bei Asbest und Fasergyps.

Farbe.

Die Farbe eines Körpers wird bekanntlich dadurch bedingt, daß nur gewisse Bestandteile des alle Farben enthaltenden weißen Lichtes von demselben zurückgeworfen oder durchgelassen werden und so in unser Auge gelangen, während die übrigen Farben von der Substanz des betreffenden Körpers verschluckt, »absorbiert« werden.

Bei den sogenannten undurchsichtigen Körpern wird nur die Farbe des zurückgeworfenen Lichtes praktisch in Betracht kommen, während bei durchsichtigen Stoffen meist diejenige des durchgelassenen Lichtes als maßgebend aufgeführt wird [1]).

Man unterscheidet gewöhnlich zwischen farblosen, gefärbten und farbigen Mineralien.

Farblose Mineralien sind solche, die in ihren reinsten Arten keine Spur irgendwelcher Färbung zeigen, z. B. Bergkrystall, Kalkspat, Steinsalz, Gyps usw.

Bei den **gefärbten** oder »allochromatischen« (ἄλλος, allos = anderer, χρῶμα, chroma = Farbe) Mineralien wird die Färbung, welche dem betreffenden Stoff in reinster Form fehlt, durch aufgelöste oder mechanisch beigemengte, fremde Farbstoffe hervorgerufen.

---

1) Auch sogenannte undurchsichtige Körper sind in genügend dünner Schicht durchsichtig bzw. durchscheinend; so läßt ja z. B. das im auffallenden weißen Licht gelb gefärbt erscheinende Gold, zu dünnsten Blättchen ausgeschlagen, das Licht mit bläulichgrüner Farbe durch. —

Dieselben können außerordentlich verschiedener Natur sein; z. B. färbende Metalloxyde (Chromoxyd beim Rubin, Eisenoxyd bei rotbraunen Quarzen); eingelagerter Kohlenstoff oder organische (sogenannte »bituminöse«) Substanzen (z. B. bei Amethyst, Rauchquarz, Flußspat, Steinsalz, usw.); feinste eingelagerte Teilchen anderer farbiger Mineralien, (Eisenglanztäfelchen bzw. erdiger Roteisenstein bedingen z. B. die rötliche Färbung des Carnallits).

Schließlich kann die Färbung auch durch Beimischung eines gewissen Prozentsatzes einer farbigen Substanz ähnlicher chemischer Zusammensetzung, (sogenannter isomorpher Substanz), verursacht werden; z. B. sind manche Kalkspate durch Beimengung von Eisenspat gelblich oder bräunlich gefärbt.

Gefärbte Mineralien können je nach der Natur des Farbstoffes in sehr verschiedenen Färbungen auftreten, wie z. B. die denkbar verschieden gefärbten Flußspat-, Kalkspat- und Schwerspatvorkommen zeigen.

Die **farbigen** oder »idiochromatischen« (ἴδιος, idios = eigen; χρῶμα, chroma = Farbe) Mineralien haben immer eine bestimmte Farbe, welche der Substanz des Minerals eigentümlich ist und niemals fehlt.

Zu diesen farbigen Mineralien gehören vor allem die gediegen vorkommenden Schwermetalle und viele Verbindungen derselben (Sulfide, Sulfosalze, Oxyde usw.).

Man unterscheidet ferner je nach dem Charakter der Färbung zwischen **metallischen** und **nichtmetallischen** Farben.

Namentlich bei der Unterscheidung der ersteren haben sich im Laufe der Zeit eine Reihe von Bezeichnungen als übliche eingeführt; nämlich: silberweiß, rötlich silberweiß, zinnweiß, weißlich bleigrau, rein bleigrau, rötlich bleigrau, schwärzlich bleigrau, stahlgrau, eisenschwarz, tombakbraun, kupferrot, bronzegelb, goldgelb, messinggelb, speisgelb.

Bei den nichtmetallischen Farben werden unterschieden: weiß, grau, schwarz, braun, rot, gelb, grün und blau, die ihrerseits wieder zahlreichen, oft recht willkürlich benannten Abstufungen unterliegen; z. B. unterschied Werner folgende Varietäten von Grün: spangrün, seladongrün, berggrün, lauchgrün, smaragdgrün, apfelgrün, pistaziengrün, schwärzlichgrün, olivengrün, grasgrün, spargelgrün, ölgrün und zeisiggrün; von Rot: morgenrot, hyacinthrot, scharlachrot, blutrot, ziegelrot, fleischrot, karminrot, cochenillrot, rosenrot, karmoisinrot, pfirsichblütrot, colombinrot (d. h. taubenblutrot), kirschrot und bräunlichrot usw.

In neuerer Zeit ersetzt man diese ziemlich willkürlichen, zum Teil schwankenden Bezeichnungen öfters, (wenn es auf Genauigkeit ankommt), durch Angaben nach der internationalen Farbenskala nach Radde, welche eine viel genauere Bestimmung der Farbe zuläßt.

Die gefärbten Mineralien, bei denen also die Färbung auf fremde Farbstoffe zurückzuführen ist, zeigen bisweilen an einunddemselben Stück

verschiedene Farben, so daß z. B. ein Turmalinkrystall an dem einen Ende rot und am anderen grün gefärbt sein kann.

Dabei ist entweder ein ganz allmählicher Übergang von einer Farbe in die benachbarte andere zu beobachten, oder es sind scharf abgegrenzte Farbzonen vorhanden, deren Grenzen möglichen Krystallflächen parallel gehen; so z. B. begegnet man durchsichtigen Flußspatkrystallen, welche im Inneren mehrere ineinander geschachtelte Würfel aus braunem oder violettem Material einschließen.

Derartige verschieden gefärbte Lagen deuten auf schaligen Bau des betreffenden Krystalls hin.

Besonders häufig ist mehrfache Färbung an mikro- und kryptokrystallinischen Aggregaten zu beobachten, wobei meist verschieden gefärbte Lagen des Minerals miteinander abwechseln. Wie bei mehrfarbigen Krystallen sind auch hier allmähliche Farbübergänge, wie auch scharfe Begrenzungslinien vorhanden, welche sich auf Querschnitten bzw. Bruchflächen der betreffenden Aggregate deutlich erkennen lassen.

Die verschieden gefärbten Teile gruppieren sich dabei je nach der Größe und Anordnung zu verschiedenartigsten Zeichnungen, welche man nach ihrer Gestaltung als: punktiert, gefleckt, gewolkt, geflammt, geadert, gebändert, gestreift, gewellt, wurmförmig, ringförmig, festungsartig, ruinenartig oder breccienartig bezeichnet.

Manche Mineralien zeigen bisweilen oberflächlich eine andere Farbe als ihnen eigentümlich ist, was meist darauf zurückzuführen ist, daß die oberste dünne Schicht infolge äußerer Einflüsse eine chemische Veränderung erlitten hat, — gewissermaßen also der Beginn einer Umwandlungspseudomorphose —. Diese dünne Haut kann entweder an und für sich farbig sein, wie z. B. die feine graue Schicht auf gediegenem Arsen und die bräunliche Oberflächenschicht manches gediegenen Silbers, oder sie zeigt infolge ihrer sehr geringen Dicke die Farben dünner Blättchen, die wir an jeder Seifenblase, jedem Schmetterlingsflügel bewundern. Beispiele hierfür sind: Buntkupferkies, Eisenglanz, Antimonglanz.

Bei der letzteren Art treten gewöhnlich, infolge der wechselnden Dicke der Oberflächenschicht an verschiedenen Stellen, mehrere Farben auf, und man spricht dann von »bunt angelaufenen« Mineralien, im Gegensatz zu den zuerst erwähnten »einfarbig angelaufenen«.

Strich.

Die Farbe des sogenannten Striches eines Minerals bildet mitunter ein sehr wertvolles Mittel zur Unterscheidung von ähnlich gefärbten, was daher kommt, daß viele Mineralien in pulverförmigem Zustande eine ganz andere Farbe zeigen als in Form von festen Stücken; z. B. hat der fast eisenschwarze Eisenglanz einen rotbraunen Strich.

Der Strich nimmt deshalb in den Tabellen zum Bestimmen der Mineralien eine ebenso wichtige Stellung ein wie Glanz, Farbe und Härte.

Um sich zu dieser Probe ein wenig Pulver des zu untersuchenden Minerals unter möglichster Schonung des vorliegenden Stückes herzustellen, streicht man mit letzterem über eine feine Feile oder besser, über eine unglasierte Platte von Hartporzellan, eine sogenannte Biskuitplatte, die **„Strichtafel“** hin[1]).

Man wählt zu dieser Probe natürlich, wie bei der Härtebestimmung, nicht etwa die besten Krystalle oder sonstige besonders charakteristische Stellen des betreffenden Stückes aus.

Zumeist liefern nur die wirklich farbigen Mineralien einen lebhaft gefärbten Strich, während fast alle durch fremde Farbstoffe gefärbt erscheinenden Stücke einen mehr oder weniger grauen oder schmutzig weißen Strich geben.

Ist die Strichtafel nach längerem Gebrauch auf beiden Seiten ganz mit Strichproben bedeckt und läßt sich mit Wasser nicht genügend reinigen, so legt man dieselbe in einem bedeckten Gefäß in rohe Salzsäure; falls auch dies noch nicht hilft, in rohe Salpetersäure oder in Königswasser (ein Gemisch von ca. 3 Raumteilen roher, concentrierter Salzsäure und einem Raumteil concentrierter Salpetersäure). Nach der Reinigung entferne man sorgfältig die in die poröse Platte eingezogene Säure durch Einlegen in öfters zu wechselndes reines Wasser, bis blaues Lackmuspapier beim Andrücken an die feuchte Platte nicht mehr gerötet wird. Beim Hantieren mit den starken Säuren muß man natürlich die nötige Sorgfalt und Vorsicht walten lassen, und es empfiehlt sich, die Arbeit wegen der lästigen und gesundheitsschädlichen Dämpfe an einem luftigen Ort vorzunehmen, (wenn kein Abzug zu Gebote steht, am besten im Freien).

Pleochroismus.

Unter Pleochroismus (*πλέον*, pleon = mehr; *χρῶμα*, chroma = Farbe; mehrfarbig), versteht man die Eigenschaft mancher durchsichtiger oder durchscheinender Mineralien, daß das durchfallende Licht nach verschiedenen Richtungen verschiedene Farben bzw. bei gleicher Farbe verschiedene Stärke der Färbung zeigt; daß also mit anderen Worten beim Durchgange weißen Lichtes je nach der Richtung verschiedene Farben desselben verschluckt, absorbiert werden.

Reguläre und amorphe Substanzen zeigen keinen Pleochroismus.

---

1) Strichtafeln liefern u. a.:

E. A. Böttcher, Berlin C 2, Brüderstr. 15: Strichtafeln 10 : 10 cm groß: 1 Stück 40 Pf., 10 Stück 3 Mk.; Dr. F. Krantz, Bonn a. Rh.: Strichtafeln aus Meissner Porzellan, 7 : 9 cm groß: 1 Stück 80 Pf., 10 Stück 7 Mk.; die Mineralniederlage der Königl. Sächs. Bergakademie, Freiberg: 1 Strichtafel 50 Pf.

Bei den optisch einachsigen (hexagonalen und tetragonalen) Mineralien begegnet man zwei Hauptrichtungen ungleicher Lichtabsorption; bei den optisch zweiachsigen (rhombischen, monoklinen und triklinen) sogar drei solchen Richtungen; erstere zeigen also »Dichroismus« (*δίχροος*, dichroos = zweifarbig), letztere »Trichroismus« (*τρίχροος*, trichroos = dreifarbig).

Bei einigen Mineralien kann man diese, je nach der Richtung verschiedene Färbung im durchfallenden Licht schon mit bloßem Auge, ohne irgendwelche Hilfsmittel, wahrnehmen, z. B. bei manchen Cordieriten, die man wegen dieser Eigenschaft ja auch »Dichroit« genannt hat; bei den grünen Epidotkrystallen vom Untersulzbachtal; bei manchen Turmalinen und Beryllen usw.

Die meisten doppeltbrechenden Mineralien lassen den Pleochroismus aber erst bei Anwendung geeigneter Hilfsmittel erkennen.

Ein sehr zweckmäßiges Instrument zum Nachweis desselben ist das Haidingersche **Dichroskop** (Abb. 296), auch »dichroskopische Lupe« genannt; dasselbe besteht aus einer cylindrischen Metallhülse, welche ein langgestrecktes Kalkspatrhomboëder, *r*, mit beiderseits angekitteten Glaskeilen, *k k*, enthält und an dem einen, dem Auge des Beschauers zugekehrten Ende mit einer vergrößernden, als Lupe dienenden Linse, *l*, versehen, am anderen mit einer Metallplatte verschlossen ist, welche in der Mitte eine kleine quadratische Öffnung, *o*, hat[1]).

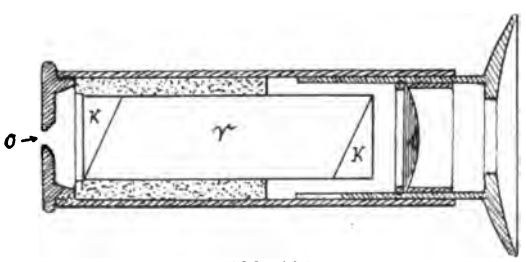


Abb. 296.

Blickt man durch dieses Dichroskop, während man es gegen den hellen Himmel oder eine andere Lichtquelle richtet, so gewahrt man zwei nebeneinanderliegende helle Quadrate: vergrößerte Bilder der vorderen quadratischen Öffnung, welche durch Doppelbrechung des Lichtes in dem Kalkspatstück entstehen.

Das eine dieser Bilder hat scharfe Ränder, während die des anderen verschwommen und gefärbt erscheinen; ersteres gehört dem sogenannten »ordentlichen«, letzteres dem »außerordentlichen« Strahl an.

Hält man beim Durchblicken vor die Öffnung einen regulären Krystall oder eine parallel dem basischen Pinakoid aus einem hexagonalen oder tetragonalen Krystall geschnittene Platte, so erscheinen die beiden quadratischen Bilder in gleicher Färbung; dagegen wird man zwei verschieden

1) Dichroskope liefern u. a.: E. A. Böttcher, Berlin C 2, Brüderstr. 15: Dichroskop mit Objekttisch, in Etui: 16 und 20 Mk.; A. Fischer, Steglitz-Berlin: Dichroskope von 7,50 Mk. an; R. Fuess, Steglitz bei Berlin: Dichroskop mit der Verbesserung von V. v. Lang: 15 Mk.; Dr. F. Krantz, Bonn a. Rh.: desgl. in Etui: 15 Mk.; Dr. Steeg und Reuter, Homburg v. d. H.: dichroskopische Lupe: 12 Mk.

gefärbte Bilder wahrnehmen, wenn man in anderer Richtung als derjenigen der Hauptachse durch einen hexagonalen oder tetragonalen Krystall blickt, oder wenn man einen rhombischen, monoklinen oder triklinen Krystall vor sich hat.

Um die größte Verschiedenheit in der Färbung der beiden Quadrate zu erzielen, ist es meist nötig, den Krystall vor der Öffnung des Dichroskops um die Längsachse des letzteren etwas zu drehen, oder umgekehrt.

Um diese Drehung bzw. das Festhalten des Krystalls in der günstigsten Stellung zu erleichtern, versieht man das Dichroskop nach einem Vorschlage V. v. Langs an dem die quadratische Öffnung enthaltenden Ende oft noch mit einer centrisch durchbohrten, drehbaren Metallkappe (Abb. 297), auf welcher man den zu untersuchenden Krystall mittels Wachs befestigt. Nach jeder Drehung um 45° erscheinen die Farben der beiden Quadrate vertauscht.

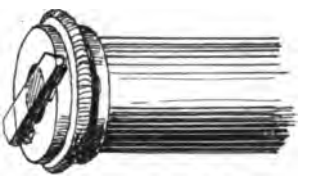


Abb. 297.

Auch ein Polarisationsapparat, — etwa ein Polarisationsmikroskop —, kann zur Erkennung des Pleochroismus Verwendung finden (letzteres z. B. bei kleinen Kryställchen in Gesteinsdünnschliffen), wenn man nur das polarisierende Nicolsche Prisma, den »Polarisator«, benutzt und den zu untersuchenden Krystall während der Beobachtung dreht; es treten dann die beiden verschiedenen Absorptionsfarben nacheinander auf, nicht nebeneinander wie beim Haidingerschen Dichroskop.

Die Art und Stärke der Farben hängt übrigens nicht nur von der Richtung ab, in welcher das Licht den Krystall durchsetzt, sondern auch von der Dicke des letzteren, so daß sich die an einem bestimmten Krystall gemachten Beobachtungen nicht ohne weiteres auf alle Krystalle desselben Minerals bzw. Vorkommens verallgemeinern lassen.

Da reguläre, also einfach brechende Krystalle in keiner Richtung Pleochroismus zeigen, so deutet dessen Vorhandensein auf Zugehörigkeit des betreffenden Minerals zu einem der übrigen fünf Krystallsysteme hin.

Farbenschiller.

Bei einigen Mineralien beobachtet man auf gewissen (natürlichen oder künstlichen) Flächen, welche eine ganz bestimmte Lage bezüglich der Krystallachsen haben, im auffallenden Licht außerordentlich lebhafte und glänzende, buntschillernde Farben, von welchen auf anders orientierten Flächen desselben Stückes keine Spur wahrzunehmen ist.

Bekannt ist dieser Farbenschiller vor allem beim Labradorit, wo er auf Flächen auftritt, welche in der Richtung des Brachypinakoids verlaufen, sowie beim Hypersthen, der auf manchen Flächen einen braunroten, kupferartigen Schiller zeigt.

Bezüglich der Ursache dieser Schillerfarben gehen die Meinungen zum Teil noch auseinander.

Der blaue Farbenschiller des Labradorits ist nach H. Vogelsang jedenfalls eine Polarisationserscheinung, hervorgerufen durch Zwillingslamellen, während die gelben und roten Schillerfarben desselben Minerals durch mikroskopisch kleine, in bestimmter Orientierung eingelagerte »Mikrolithen« (wörtlich: »Kleinsteine«, d. h. kleine Krystallnädelchen) und Blättchen, — wahrscheinlich von Titaneisen und Eisenglanz —, bedingt werden, welche bei gleichzeitigem Vorhandensein des blauen Lichtscheines grüne und violette Schillerfarben ergeben können.

Ebenso wird der kupferartige Schiller des Hypersthens durch feine, parallel eingelagerte, braune bis schwarze Blättchen und Nädelchen hervorgerufen, welche wahrscheinlich aus Titaneisen bestehen.

Auch das bunte Farbenspiel des edlen Opals ist noch nicht endgültig aufgeklärt; die einen vermuten die Ursache desselben in dünnen, eingelagerten Opal-Lamellen, welche ein etwas anderes Lichtbrechungsvermögen als wie die Grundmasse besitzen, während nach Ansicht anderer feine Sprünge und Risse die schimmernden Interferenzfarben bedingen.

Asterismus.

Gleichfalls durch Einlagerungen fremder Krystallnädelchen bzw. röhrenförmiger Hohlräume, in bestimmter Orientierung hervorgerufen wird die eigentümliche Erscheinung, welche man »Asterismus« (aster = Stern) nennt.

Wenn man z. B. durch eine Tafel eines bräunlichen Glimmers von South Burgess (Canada) eine Kerzenflamme oder eine andere kleine Lichtquelle betrachtet, so erblickt man gleichzeitig einen von dieser ausgehenden, regelmäßigen, sechsstrahligen Stern, dessen Strahlen sich beim Drehen des Glimmerblattes mitbewegen; ein bräunlicher Glimmer von Ontario (Canada) gibt sogar einen zwölfstrahligen Stern, mit sechs helleren und sechs lichtschwächeren Strahlen, welche ringsum abwechseln.

Auch die sogenannten »Sternsaphire« zeigen an Platten, die nach dem basischen Pinakoid geschnitten sind, einen sechsstrahligen Stern.

Diese Erscheinungen beruhen auf Beugung des Lichtes durch feine regelmäßige »Gitter«, welche im vorliegenden Falle aus bestimmt orientierten, mikroskopisch kleinen Krystallnädelchen — wahrscheinlich von Rutil und Turmalin — gebildet werden; sie sind also ganz analog dem (meist) unregelmäßigen Strahlenstern, welchen man wahrnimmt, wenn man des Abends durch einen (nassen) seidenen Schirm — oder ein anderes feines Gewebe — nach einer brennenden Laterne blickt.

Eine ähnliche Erscheinung ist auch der nur in bestimmter Richtung wahrnehmbare Lichtschein, welchen manche feinfaserige Mineralien, z. B. Asbest, Fasergyps, Faserkalk, Katzenauge, Tigerauge usw. im auffallenden Licht zeigen.

Irisieren.

Das »Irisieren«, (abgeleitet von Ἶρις, Iris, der Regenbogengöttin der alten Griechen), genannte Schillern mancher — namentlich vollkommen spaltbarer — Mineralien in den Regenbogenfarben entsteht, ebenso wie das Farbenspiel des edlen Opals, durch Interferenz des Lichtes in dünnen Blättchen, eine Erscheinung, welche man an jedem genügend dünnen Blättchen z. B. an einer Seifenblase, an jeder auf einer Wasseroberfläche ausgebreiteten dünnen Ölschicht, (einen Tropfen Terpentinöl auf Wasser fallen lassen), an der Oxydhaut auf blankem Stahl beim sogenannten Anlassen des letzteren usw. beobachten kann.

Dabei bewirken entweder dünne Blättchen des betreffenden Minerals, welche sich abgelöst haben, oder auch eine außerordentlich dünne Luftschicht, welche in feinsten Sprüngen enthalten ist, die Interferenz; ähnlich wie bei dem unter dem Namen der Newtonschen Farbenringe bekannten physikalischen Versuch.

Besonders häufig beobachtet man das Irisieren an Glimmer, Gyps, Kalkspat usw.

Fluorescenz.

Unter »Fluorescenz« versteht man die Eigenschaft einiger Stoffe, bei der Beleuchtung mit weißem (oder besser blauem, violettem und ultraviolettem Bogen-)Licht selber Licht auszustrahlen, das zumeist anders gefärbt ist; selbst zu leuchten, solange die Bestrahlung dauert.

Die Fluorescenz verrät sich meist schon durch den Unterschied der Färbung beim Betrachten im auffallenden und durchfallenden Licht.

Besonders schön ist sie zu beobachten an manchem Fluorit von Cumberland, welcher im auffallenden Licht blauviolett, im durchfallenden meergrün gefärbt erscheint. Die ganze Erscheinung hat ja auch von diesem Mineral den Namen.

Außerdem zeigen namentlich noch einige natürliche Kohlenstoffverbindungen, — mancher Bernstein, Petroleum —, eine Fluorescenz.

Phosphorescenz (Luminescenz).

Phosphorescierende Stoffe leuchten, im Gegensatz zu den fluorescierenden, im Dunkeln auch noch weiter fort, wenn die Bestrahlung durch eine intensive Lichtquelle — am besten Bogen- oder Sonnenlicht — bereits aufgehört hat.

Die Zeitdauer des Nachleuchtens kann dabei, je nach der Natur des betreffenden Körpers, eine außerordentlich verschiedene sein: von Bruchteilen einer Sekunde bis zu vielen Tagen.

Zu den Phosphorescenzerscheinungen rechnet man für gewöhnlich auch noch die Lichterregung durch Erwärmung, Elektrizität, Radiumstrahlen, mechanische Einflüsse usw.

Deshalb, und auch weil eine scharfe Grenze zwischen Phosphorescenz und Fluorescenz nicht wohl zu ziehen ist, faßt man in neuerer Zeit alle diese Erscheinungen unter dem Begriff **„Luminescenz"**, d. h. »Leuchten«, zusammen. Fluorescenz und Phosphorescenz bezeichnet man dabei als **„Photoluminescenz"** (φῶς, phos = Licht).

Letztere kann erregt werden:

1. Durch **Bestrahlung** oder **Insolation** (d. h. Besonnung); eigentliche **„Phosphorescenz"**.

Die sie zeigenden Körper leuchten nach einer Bestrahlung mit hellem Licht — Sonnen- oder Bogenlicht — im Dunkeln mehr oder weniger lange nach.

Besonders intensive Wirkung geben manche Diamanten; ferner Calcit, Aragonit, Strontianit, Gyps, Fluorit usw.

Das Nachleuchten wird allmählich immer schwächer und hat seine Ursache jedenfalls in chemischen Veränderungen der betreffenden Substanz. Erwärmen beschleunigt das Erlöschen des Nachleuchtens.

Kühlt man phosphorescierende Körper stark ab, so hört die Phosphorescenz fast momentan auf, beginnt aber bei nachfolgendem Erwärmen, selbst nach monatelangem Aufbewahren (in Kälte und Dunkelheit), wieder von neuem.

Hohe Temperaturen bewirken in letzterem Falle ein momentanes, außerordentlich starkes Leuchten.

Viele Körper, welche bei gewöhnlicher Temperatur nicht merklich phosphorescieren, leuchten lebhaft nach, wenn man sie unter gleichzeitiger starker Abkühlung — z. B. mit flüssiger Luft — bestrahlt hat und dann erwärmt.

Rotes Licht vermag keine Phosphorescenz zu erregen, sondern, im Gegenteil, vernichtet dieselbe ziemlich schnell, wenn sie vorher durch Bestrahlung mit andersfarbigem Licht hervorgerufen wurde.

2. Durch **Erwärmung:** sogenannte **„Thermoluminescenz"**.

Manche Mineralien fangen beim Erwärmen schon weit unter Rotgluthitze an, im Dunkeln zu leuchten, um schließlich, gewissermaßen »erschöpft«, zu erlöschen.

So leuchtet z. B. grobes Flußspatpulver, welches man im Dunkeln auf eine heiße Metallplatte, z. B. die Herdplatte, streut, meist in mildem rötlichem, bläulichem oder grünlichem Lichte.

Erneutes Erwärmen bringt die erloschene Thermoluminescenz nicht ohne weiteres wieder hervor, es sei denn, daß man den betreffenden Körper den Radiumstrahlen — bei manchen Stoffen genügen auch schon Lichtstrahlen, elektrische Funken oder Kathodenstrahlen — aussetzt. Durch

diese erlangt er unter Leuchten im Laufe der Zeit die Fähigkeit der Thermoluminescenz wieder.

3. Durch **elektrische Funken.**

Z. B. zeigen gewisse Flußspatarten beim Überschlagenlassen elektrischer Funken — einer Influenzmaschine oder eines Induktors — eine Leuchterscheinung.

4. Durch **Kathodenstrahlen,** sogenannte **„Kathodolumineszenz".**

Sehr viele Mineralien leuchten, zum Teil in prachtvollen Farben, wenn man sie der Einwirkung der Kathodenstrahlen aussetzt, die bekanntlich in Geißlerschen Röhren mit sehr hoher Luftverdünnung, sogenannten »Hittorfschen Röhren«, von der Kathode (dem negativen Pol) ausgehen. So leuchtet z. B. Kalkspat prächtig orangerot, Rubin glüht scheinbar in dunklem Karmoisinrot, Diamant strahlt herrlich grün oder bläulich usw.

5. Durch **Röntgenstrahlen.**

Die durch diese hervorgerufene Leuchterscheinung, welche gewisse Mineralien unter ihrem Einfluß zeigen, könnte man, ebenso wie manche Kathodolumineszenz, auch zu den Fluorescenzerscheinungen rechnen.

Die Röntgenstrahlen bringen unter anderem zum Leuchten: Scheelit (besonders intensiv violett leuchtend), Steinsalz, Kalkspat, geglühten Baryt u. a. m.

6. Durch **Radiumstrahlen.**

Unter dem Einfluß kräftiger Radiumstrahlen (Becquerelstrahlen) leuchtet (fluoresciert) eine große Anzahl von Mineralien mehr oder weniger intensiv, z. B. Zinkblende, Kalkspat, Kreide usw., besonders schön: Diamant, so daß man diese Erscheinung zur Unterscheidung echter und unechter Diamanten benutzen könnte.

7. Durch **mechanische Einflüsse:** sogenannte **„Triboluminescenz"** (τρίβω, tribo = ich reibe).

Merkwürdige Leuchterscheinungen sind beim Reiben, Zerstoßen, Zerbrechen oder Spalten mancher Mineralien im Dunklen zu beobachten; z. B. leuchten schon beim Ritzen oder Kratzen gewisse Zinkblende- und Dolomitarten; Quarz luminesciert beim Aneinanderreiben zweier Stücke, Topas und Glimmer beim Spalten; manche Flußspatsorten beim Reiben oder Zerstoßen usw. [1]).

Grad der Durchsichtigkeit (Pellucidität).

Einunddasselbe Mineral kann je nach der Ausbildungsweise sehr verschiedene Grade der Pellucidität (pellucidus = perlucidus = durchsichtig) zeigen.

---

1) Das Leuchten unter dem Einfluß von Radiumstrahlen ist möglicherweise auch eine Art Triboluminescenz. —

Dunkel gefärbte Abarten eines Minerals werden im allgemeinen weniger durchsichtig sein als hellfarbige, und ebenso werden krystallinische Varietäten geringere Grade von Pellucidität besitzen als einzelne Krystalle; so ist z. B. der Bergkrystall meist vollkommen durchsichtig, während manche Rauchquarze, — sogenannte »Morione« —, infolge ihrer dunklen Färbung undurchsichtig sind; Kalkspatkrystalle sind gleichfalls oft vollkommen wasserklar, während die krystallinischen Varietäten des Calcits: Marmor und Kalkstein undurchsichtig erscheinen.

Risse und feine Poren können bei durchsichtigen Mineralien ebenfalls Trübungen hervorrufen.

Für die Bezeichnung der verschiedenen Grade der Pellucidität hat sich eine Reihe von Ausdrücken allgemein eingeführt, nämlich:

Durchsichtig, wenn man durch das betreffende Mineral hindurch dicht dahinter befindliche Gegenstände deutlich erkennen kann.

Ist ein durchsichtiges Mineral außerdem noch farblos, so bezeichnet man es als »wasserhell«.

Halbdurchsichtig, wenn die Gegenstände durch dasselbe nur noch in verschwommenen Umrissen wahrnehmbar sind.

Durchscheinend, wenn bei der Betrachtung im durchfallenden Licht auch durch dickere Stücke hindurch noch ein Lichtschein bemerkbar ist.

Kantendurchscheinend, wenn nur die dünnen Kanten oder dünne Splitter einen Lichtschimmer durchlassen.

Undurchsichtig, wenn auch an Kanten und Splittern keine Spur eines Lichtdurchganges mehr wahrnehmbar ist.

Eine scharfe Unterscheidung dieser verschiedenen Grade der Pellucidität ist unmöglich, weil die Dicke der Schicht des betreffenden Minerals dabei von außerordentlichem Einfluß ist.

Auch die sogenannten »undurchsichtigen« Körper lassen in genügend dünner Schicht das Licht durch; so z. B. Eisenglanzblättchen mit roter Farbe, Blattgold mit bläulichgrüner, Blattsilber mit blauer Farbe, usw.

Erwähnt sei hier noch, daß die verschiedenen Mineralien auch gegenüber den Röntgenstrahlen verschiedenartigste Grade der Durchlässigkeit zeigen.

Doppelbrechung.

Läßt man einen Lichtstrahl aus einem dünneren, durchsichtigen Stoff (Mittel, »Medium«) in einen dichteren übertreten oder umgekehrt, so wird der Lichtstrahl im allgemeinen beim Eintritt in den zweiten Stoff aus seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt werden; eine Erscheinung, welche man bekanntlich **Lichtbrechung** oder **Refraktion** nennt.

Diese Brechung ist darauf zurückzuführen, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in verschieden dichten Stoffen eine verschiedene ist.

Außer der Natur des Stoffes ist auch die Farbe des Lichtes von Einfluß auf die Größe der Ablenkung: z. B. wird das violette Licht beim Übertritt aus dem einen in das andere Medium am stärksten, das rote dagegen am wenigsten von der ursprünglichen Richtung abgelenkt.

In den meisten Krystallen wird der einfallende Lichtstrahl aber nicht nur abgelenkt, sondern auch noch in zwei verschiedene Strahlen zerlegt, welche, da sie verschiedene Geschwindigkeit besitzen, auch eine verschieden starke Ablenkung erfahren.

Der eine unterliegt den Gesetzen der gewöhnlichen Brechung, und man nennt ihn deshalb den **„ordentlichen“** oder **„ordinären“ Strahl,** — meist mit *O* bezeichnet —, der andere zeigt jedoch ein durchaus abweichendes, eigentümliches Verhalten und wird deswegen als **„außerordentlicher“** oder **„extraordinärer“ Strahl,** *E*, bezeichnet.

Je größer die Differenz in der Ablenkung der beiden Strahlen ist, umso stärker ist die »Doppelbrechung«.

Nur selten ist dieselbe so kräftig, daß man sie ohne weiteres mit bloßem Auge erkennen kann, wie z. B. an der unter dem Namen »Isländischer Doppelspat« bekannten Varietät des Kalkspats, dessen klare Spaltungsstücke (bei hinreichender Dicke) zwei deutlich unterscheidbare, nebeneinanderliegende Bilder nahe dahinter befindlicher Gegenstände (z. B. von Druckschrift) liefern.

In weitaus den meisten Fällen sind vielmehr besondere Hilfsmittel nötig, um unterscheiden zu können, ob eine Substanz »doppeltbrechend« ist oder nicht.

Man bedient sich bei derartigen Untersuchungen sogenannter **„Polarisationsapparate“,** Vorrichtungen, welche das gewöhnliche Licht in solches von besonderen Eigenschaften umwandeln.

Das Licht stellt ja bekanntlich eine Wellenbewegung eines unendlich feinen, alles durchdringenden Stoffes, des Lichtäthers, dar.

Die Bewegungen (Schwingungen) der einzelnen Ätherteilchen finden senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung des Lichtes statt.

Bei gewöhnlichem Licht wechselt diese Schwingungsrichtung beständig ihre Lage, d. h. wenn sich ein Lichtstrahl z. B. in horizontaler Richtung fortpflanzt, so schwingen die Ätherteilchen bald nach oben und unten, bald nach rechts und links, bald in allen dazwischen liegenden Richtungen; bei »polarisiertem« Licht finden die Schwingungen dagegen nur in einer einzigen Richtung oder Ebene statt, also z. B. nur in senkrechter oder nur in horizontaler Richtung.

Solches nur in einer einzigen Ebene schwingendes »polarisiertes« Licht läßt sich auf verschiedene Art und Weise erzeugen: durch Reflexion (Zurückwerfung), durch Brechung und durch Doppelbrechung.

Jede Vorrichtung, welche zur Erzeugung polarisierten Lichtes dient, nennt man **„Polarisator“.**

I. Um durch **Reflexion** gewöhnliches Licht möglichst vollständig zu polarisieren, ist es notwendig, daß dasselbe unter einem bestimmten Winkel (57°) auf einen ebenen Spiegel — am besten einen solchen von schwarzem Glase — auftrifft bzw. von diesem zurückgeworfen wird. Daß dieses unter bestimmtem Winkel reflektierte Licht eine Veränderung im angedeuteten Sinne erlitten hat, läßt sich mit bloßem Auge nicht wahrnehmen; man benötigt dazu eine zweite polarisierende Vorrichtung, die man zur Unterscheidung von dem »Polarisator«, welcher das polarisierte Licht erzeugt, **„Analysator"**, d. i. Vorrichtung zum Prüfen oder Untersuchen des polarisierten Lichtes (*ἀνάλυσις*, analysis = Auflösung), nennt.

Dieser Analysator ist eigentlich weiter nichts als ein zweiter (meist kleinerer) Polarisator, der die gleiche oder auch andere Konstruktion wie der erste besitzen kann.

Läßt man z. B. im vorliegenden Falle das durch Reflexion am ersten Spiegel polarisierte Licht unter dem Polarisationswinkel von 57° auf einen zweiten schwarzen Spiegel auffallen, so wird man bei Drehung des letzteren — um die Richtung des auffallenden Strahles als Drehungsachse — wahrnehmen, daß bei zwei um eine halbe Umdrehung (180°) voneinander abweichenden Stellungen des Analysatorspiegels keine Zurückwerfung des am ersten Spiegel polarisierten Lichtes eintritt, während bei zwei dazwischen liegenden Analysatorstellungen (90° und 270°) die Menge des vom zweiten Spiegel reflektierten Lichtes am größten ist.

Die Anwendung eines zweiten Spiegels als Analysator ist für den Beobachter ziemlich unbequem, und man benutzt deshalb auch bei jenen Polarisationsapparaten, bei denen als Polarisator ein Spiegel verwendet wird, als Analysator meist eine andere Vorrichtung (Glasplattensatz oder Nicolsches Prisma).

II. Auch das bei schrägem Auftreffen, (57°), eines Lichtstrahles auf eine planparallele Glasplatte die letztere durchdringende (gebrochene) Licht erweist sich als teilweise polarisiert, im Vergleich zum reflektierten jedoch sehr unvollständig.

Man kann letzterem Übelstand einigermaßen dadurch abhelfen, daß man diese **„Polarisation durch Brechung"** öfters sich wiederholen läßt, indem man das Licht durch zahlreiche übereinandergeschichtete, dünne Glasplatten in schiefer Richtung hindurchgehen läßt.

Man wählt für derartige **„Glasplattensätze"** möglichst dünnes Glas, damit der Lichtverlust durch Absorption, und die Ablenkung von der ursprünglichen Richtung möglichst klein werden; trotzdem wird man über eine gewisse Plattenzahl — 10 bis 25 — nicht hinausgehen, weil die Helligkeit des Gesichtsfeldes sonst zu sehr verringert wird.

Für bescheidene Ansprüche genügt ein solcher Glasplattensatz als Analysator im Verein mit einem schwarzen Spiegel als Polarisator vollkommen und wird deshalb an den einfachen Nörrenbergschen Polarisationsapparaten oft angebracht.

III. Ein sehr einfacher Polarisationsapparat ist die sogenannte **Turmalinzange** (Abb. 298).

Dieselbe besteht aus zwei durchsichtigen Turmalinplatten, welche gesondert in runde, am Rande mit einer eingedrehten Rinne versehene Metallplatten gefaßt sind. Ein Draht, der zu einer federnden Zange und an den Enden zu Ringen gebogen ist, welche in die ausgedrehten Rinnen der Fassungen passen, drückt letztere gegeneinander, so daß sich die zu untersuchenden Gegenstände dazwischen festklemmen lassen.

Abb. 298.

Dreht man die eine Turmalinplatte, während man durch die Vorrichtung nach einer Lichtquelle blickt, so kann man beobachten, daß bei einer vollen Umdrehung das Gesichtsfeld zweimal hell und zweimal dunkel erscheint; die eine der beiden Turmalinplatten wirkt also als Polarisator, die andere, dem Auge zugekehrte, als Analysator.

Die Polarisation erfolgt beim Turmalin durch Doppelbrechung und Absorption, d. h. das gewöhnliche Licht wird in der polarisierenden Platte — wie in jeder doppeltbrechenden Krystallplatte — in zwei polarisierte Strahlen, O und E, zerlegt, von denen der eine, der ordentliche (O), bei genügender Dicke der Turmalinplatte vollständig absorbiert, verschluckt wird, so daß nur der außerordentliche Strahl (E) aus der Platte austreten kann.

Störend wirkt bei der Turmalinzange bisweilen die mehr oder weniger intensive Färbung — grün, braun, gelb, grauviolett — der Turmalinplatten.

Der Preis ist, je nach Qualität der Turmaline, sehr verschieden [1]).

Weitaus die vollkommensten Polarisatoren und Analysatoren sind jene Vorrichtungen, bei welchen das Licht durch Doppelbrechung in farblosem, wasserhellem Kalkspat in zwei polarisierte Strahlen — O und E — zerlegt wird, von denen der eine durch totale Reflexion an einer passend eingelagerten, dünnen Schicht von Canadabalsam, Copaivabalsam, Leinöl oder Luft ausgeschaltet wird.

Von den verschiedenartigsten Konstruktionen derartiger **„Polarisationsprismen"** hat das **Nicolsche Prisma** die weiteste Verbreitung gefunden.

Dasselbe wird aus einem länglichen Spaltungsstück von wasserhellem Kalkspat hergestellt, indem dieses in geeigneter Weise durchsägt und zugeschliffen wird, worauf man die beiden Hälften in der ursprünglichen Lage mit Canadabalsam wieder zusammenkittet (Abb. 299) (a. f. S.).

1) Turmalinzangen liefern u. a.: E. A. Böttcher, Berlin C 2, Brüderstr. 15: zu 10 bis 35 Mk.; A. Fischer, Steglitz-Berlin: von 8,50 Mk. an; B. Halle Nachf., Steglitz-Berlin: von 10 Mk. an; Dr. F. Krantz, Bonn: zu 9 bis 35 Mk.; Dr. Steeg und Reuter, Homburg v. d. H.: zu 9 bis 40 Mk.—

Ein Lichtstrahl wird beim Eintritt in das Nicolsche Prisma in ordinären (*O*) und extraordinären Strahl (*E*) zerlegt; letzterer geht durch die Kittschicht ungehindert hindurch, während ersterer an derselben durch totale Reflexion seitlich abgelenkt und dort — durch Absorption an der geschwärzten Fassung — unschädlich gemacht wird (Abb. 299).

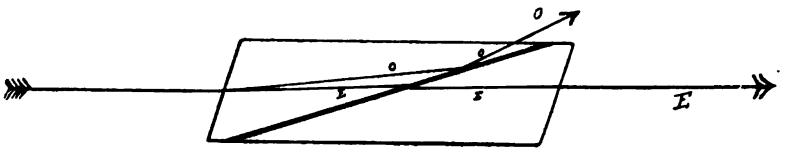


Abb. 299.

Schaltet man zwei derartige Nicolsche Prismen gleichzeitig in den Gang der Lichtstrahlen ein, so wird bei Drehung des einen Nicols um 360° das Gesichtsfeld zweimal hell und zweimal dunkel werden.

Mit Nicolschen Prismen versieht man unter anderem auch die Mikroskope, welche zur Untersuchung von Mineral- und Gesteinsdünnschliffen dienen sollen.

Infolge der Seltenheit großer, klarer Kalkspatstücke sind diese ehemals wohlfeilen Polarisationsprismen jetzt leider sehr teuer[1]).

Ein Polarisationsapparat der einen oder anderen Konstruktion kann dazu dienen, an einem durchsichtigen oder durchscheinenden Mineral das Vorhandensein oder Fehlen der Doppelbrechung nachzuweisen, was für die Unterscheidung äußerlich ähnlicher Mineralien öfters von Wichtigkeit ist.

Die zu untersuchenden Körper werden zwischen Polarisator und Analysator in den Gang der Lichtstrahlen eingeschaltet, zu welchem Zweck meist besondere Vorrichtungen — durchbrochene, drehbare Tischchen, bewegliche Zangen oder Halter usw. — an den Polarisationsapparaten angebracht sind.

Bei derartigen Untersuchungen stellt man Polarisator und Analysator meist »gekreuzt«, d. h. so, daß das Gesichtsfeld dunkel erscheint.

Die krystallisierten Mineralien zerfallen bezüglich der Doppelbrechung in drei verschiedene Abteilungen:

Alle regulär krystallisierenden Körper zeigen nämlich überhaupt keine Doppelbrechung; sie sind »einfach brechend« und verhalten sich optisch nach allen Richtungen gleichartig (isotrop).

Die übrigen, also die hexagonal, tetragonal, rhombisch, monoklin und triklin krystallisierenden Mineralien zeigen im allgemeinen Doppelbrechung.

Die hexagonalen und tetragonalen Krystalle besitzen jedoch eine, die rhombischen, monoklinen und triklinen aber zwei Richtungen, in welchen keine Doppelbrechung stattfindet; man nennt diese bevorzugten Richtungen die »optischen Achsen«.

---

1) Nicolsche Prismen liefern u. a.:

A. Fischer, Steglitz-Berlin, Stubenrauchplatz 5; B. Halle Nachfolger, Steglitz-Berlin; Dr. Steeg und Reuter, Homburg v. d. H. —

Hexagonal und tetragonal krystallisierende Stoffe sind also »optisch einachsig«, die rhombischen, monoklinen und triklinen »optisch zweiachsig«.

Die Ebene, welche sich bei den optisch zweiachsigen Krystallen durch die beiden optischen Achsen legen läßt, geht bei den rhombischen Krystallen einer der drei Symmetrieebenen parallel; bei den monoklinen liegt sie in der Richtung der einzigen Symmetrieebene oder senkrecht zu letzterer; bei den triklinen Krystallen schließlich kann sie irgend eine beliebige Lage besitzen, entsprechend dem Fehlen jeglicher Symmetrieebene in diesem System.

Um festzustellen, ob ein einfach- oder ein doppeltbrechendes Mineral vorliegt, beobachtet man dasselbe zwischen gekreuztem Polarisator und Analysator.

Einfach brechende Körper bleiben auch bei einer vollen Drehung um 360° immer dunkel, während doppeltbrechende dabei zweimal dunkel und zweimal hell und zumeist prächtig gefärbt erscheinen.

Liegen im zweiten Falle Platten vor, welche senkrecht zu einer optischen Achse geschnitten sind, so bleibt das Gesichtsfeld bei der Drehung natürlich auch immer dunkel, da in dieser Richtung ja auch die doppeltbrechenden Krystalle einfachbrechend sind.

Zwillingskrystalle doppeltbrechender Mineralien lassen im Polarisationsapparat die zusammengesetzte Natur oft durch verschiedene Färbung bzw. Helligkeit der Einzelkrystalle erkennen.

Besonders wertvoll ist die Untersuchung im Polarisationsmikroskop für die Petrographie, da sie die Bestimmung der Gesteinsbestandteile an Dünnschliffen ermöglicht.

Bezüglich der Erklärung der Polarisationsvorgänge sowie der Interferenz-Erscheinungen, welche bei Verwendung von Polarisationsapparaten für konvergentes Licht zu beobachten sind, muß auf die einschlägigen Lehrbücher der Krystallographie und Optik verwiesen werden.

Magnetismus.

Man versteht unter Magnetismus die bei einer kleinen Anzahl von Mineralien zu beobachtende Eigenschaft, eine leicht beweglich aufgehängte Magnetnadel bei der Annäherung zu beeinflussen.

Bei vielen derselben ist die Einwirkung so gering, daß sie sich nur mit feinen Hilfsmitteln — Spiegelablesung, Lichtzeiger — nachweisen läßt. Magnetismus ist nur bei Eisen-, Nickel-, Mangan- und Kobalt-Verbindungen zu beobachten.

Manche derselben — z. B. gewisse Magneteisenstücke — stellen natürliche Magnete dar, besitzen also verschiedenartige Pole, was sich dadurch zu erkennen gibt, daß gewisse Stellen des betreffenden Stückes den einen Pol der Magnetnadel anziehen, den anderen aber abstoßen, während

andere Stellen das entgegengesetzte Verhalten zeigen (sogenannter »polarer Magnetimus«).

(Diese »natürlichen« Magnete bildeten ja bekanntlich früher das einzige Hilfsmittel zur Herstellung »künstlicher« Stahlmagnete.)

Man unterschied wohl auch zwischen retraktorischen, d. h. solchen, welche vom Magnet angezogen werden, und attraktorischen Mineralien, d. h. solchen, welche selbst kleine Eisenteilchen, z. B. Feilspäne, anziehen.

Von großer Bedeutung ist der Unterschied zwischen magnetischen und nichtmagnetischen Mineralien für die petrographische Untersuchung der Bestandteile mancher Gesteine geworden, da es mittels eines kräftigen Elektromagneten leicht gelingt, eine oft wünschenswerte Trennung des zerkleinerten Gesteines in magnetische und nicht magnetische Bestandteile durchzuführen.

Elektrizität.

Wie alle Körper, so werden auch die Mineralien ohne Ausnahme durch Reibung elektrisch.

Bei den meisten derselben bedarf es aber besonderer Vorsichtsmaßregeln und empfindlicher Meßvorrichtungen — Elektroskope und Elektrometer —, um die geringen Mengen entstehender Elektrizität nachzuweisen.

Alle Mineralien, welche zu den sogenannten »Leitern« der Elektrizität gehören, müssen vorher isoliert befestigt werden, etwa an einem Schellack- oder Hartgummistäbchen[1]).

Bei »isolierenden« Stoffen, wie Schwefel oder Bernstein, ist eine solche Extraisolierung natürlich nicht nötig, woher es kommt, daß man an diesen Mineralien die Entstehung der Elektrizität durch Reibung zuerst beobachtet hat; (ἤλεκτρον, elektron = Bernstein; davon abgeleitet: Elektrizität, elektrisch usw.).

Manche Mineralien werden durch Druck oder Zug elektrisch, z. B. der Kalkspat, der schon nach einem schwachen Druck zwischen den Fingern positiv elektrisch ist; ferner Turmalin, Quarz, Topas, Flußspat, Aragonit usw.

Man bezeichnet derartige Mineralien als **„piëzoelektrisch"**, (πιέζειν, piëzein = drücken, zusammendrücken; »piëzoelektrisch« also: »durch Druck elektrisch werdend«).

Schließlich hat man an einer Reihe von Mineralien beobachtet, daß dieselben durch Temperaturänderung — Erwärmung oder Abkühlung — elektrisch werden, und zwar derart, daß einundderselbe Krystall an verschiedenen Stellen verschiedene Elektrizität zeigt, wobei die Verteilung der positiven und negativen Elektrizität im engsten Zusammenhang mit den krystallographischen Verhältnissen steht.

---

1) Bekannt ist der Versuch, bei welchem ein an einem isolierenden Griff befestigtes Speckstein-Stück durch Reiben mit einem Hartgummi-Stück so stark elektrisch wird, daß es bei Annäherung eines Leiters hörbare Funken liefert.

Z. B. wird Gyps beim Erwärmen auf den Flächen des Klinopinakoids $\infty \breve{P} \infty$, (010) und (0$\bar{1}$0), immer negativ, auf denen des monoklinen Grundprismas ∞P, {110}, des monoklinen Prismas der klinodiagonalen Reihe $\infty \breve{P}2$, {120}, und der Grundhemipyramiden $\pm P$, {$\bar{1}$11} und {111}, dagegen immer positiv elektrisch.

An regulär holoëdrisch krystallisierenden Mineralien hat bisher noch keine derartige **„Pyroelektrizität“** (*πῦρ*, pyr = Feuer; »pyroelektrisch« also: durch Feuer, Wärme elektrisch) nachgewiesen werden können.

Treten die entgegengesetzten Elektrizitäten an gegenüberliegenden Punkten des Krystalls gleichzeitig auf, so spricht man wohl auch von »polarer« Pyroelektrizität.

Letztere Erscheinung ist nur an Krystallen mit hemimorphen Achsen zu beobachten, z. B. besonders deutlich an Turmalinkrystallen, welche früher wegen dieser Eigenschaft auch »Aschentrekker«, d. h. Aschenzieher, genannt wurden.

Anmerkung: Die verschiedene Verteilung der beiden Elektrizitäten auf der Krystalloberfläche wird am einfachsten nach dem Verfahren von Kundt sichtbar gemacht, indem man ein Gemisch von Mennige- und Schwefelpulver, — oder auch Schwefelpulver, Lycopodium und Karminpulver —, mittels eines Siebes aus feinem Baumwollmusselin auf den erwärmten bzw. abgekühlten Krystall aufstäubt; der infolge der Reibung an den Siebmaschen negativ elektrische Schwefel lagert sich auf den positiven, die positiv elektrisch gewordene Mennige dagegen auf den negativ elektrischen Stellen des betreffenden Krystalls ab. —

Geschmack, Geruch, Gefühl.

Für eine Anzahl von Mineralien können bei der Unterscheidung von ähnlich aussehenden schließlich noch physiologische Merkmale in Betracht kommen und unter Umständen von Nutzen sein.

Fast alle in Wasser löslichen Mineralien zeigen einen mehr oder weniger ausgeprägten **Geschmack**, den man je nach der Natur desselben als süßlich, salzig, bitter, zusammenziehend, säuerlich, sauer usw. bezeichnet.

Daß man bei dieser Probe wegen der möglichen Giftigkeit der löslichen Stoffe immer die nötige Vorsicht walten lassen muß, ist eigentlich selbstverständlich.

Manche Mineralien lassen ferner ohne weiteres einen charakteristischen **Geruch** erkennen, z. B. der Asphalt; andere müssen erst angehaucht oder befeuchtet werden — Tone, Hornblende usw. —, damit ein eigentümlicher (toniger oder bitterer) Geruch auftritt.

Gewisse Mineralien zeigen nach mechanischer Einwirkung — Zerschlagen oder Reiben — einen merkwürdigen Geruch, z. B. Pyrit und gediegen Arsen.

Einige amorphe und poröse Mineralien haben die Eigenschaft, an der feuchten Zunge zu kleben, z. B. Hydrophan, Steinmark, Klebschiefer.

Andere schließlich sind eigentümlich **anzufühlen**, z. B. »fettig« (Graphit, »Speck«stein), »mager«, (Kaolin, Kreide), »rauh«, (Kalktuff) usw.

Chemische Eigenschaften der Mineralien.

Chemische Grundbegriffe.

Die Chemie hat festgestellt, daß alle Körper, also auch die Mineralien, aus einer beschränkten Anzahl von chemischen Grundstoffen, »Elementen«, bestehen, welche, nach dem heutigen Stande der Wissenschaft, sich durch keinerlei Vornahmen weiter zerlegen lassen.

Es werden gegenwärtig 78 solcher chemischer Grundstoffe oder Elemente als mit Sicherheit bekannt angenommen, die in folgender Zusammenstellung alphabetisch geordnet aufgeführt sind:

	Symbol	$O=16$	$H=1$		Symbol	$O=16$	$H=1$
Aluminium	Al	27,1	26,9	Kohlenstoff (Carbonium)	C	12,00	11,94
Antimon (Stibium)	Sb	120,2	119,3	Krypton	Kr	81,8	81,2
Argon	A	39,9	39,6	Kupfer (Cuprum)	Cu	63,6	63,1
Arsen	As	75,0	74,4	Lanthan	La	138,9	137,9
Baryum	Ba	137,4	136,4	Lithium	Li	7,03	6,98
Beryllium	Be	9,1	9,03	Magnesium	Mg	24,36	24,18
Blei (Plumbum)	Pb	206,9	205,35	Mangan	Mn	55,0	54,6
Bor	B	11	10,9	Molybdän	Mo	96,0	95,3
Brom	Br	79,96	79,36	Natrium	Na	23,05	22,88
Cadmium	Cd	112,4	111,6	Neodym	Nd	143,6	142,5
Caesium	Cs	132,9	131,9	Neon	Ne	20	19,9
Calcium	Ca	40,1	39,8	Nickel	Ni	58,7	58,3
Cerium	Ce	140,25	139,2	Niobium	Nb	94	93,3
Chlor	Cl	35,45	35,18	Osmium	Os	191	189,6
Chrom	Cr	52,1	51,7	Palladium	Pd	106,5	105,7
Eisen (Ferrum)	Fe	55,9	55,5	Phosphor	P	31,0	30,77
Erbium	Er	166	164,8	Platin	Pt	194,8	193,3
Fluor	F	19	18,9	Praseodym	Pr	140,5	139,4
Gadolinium	Gd	156	155	Quecksilber (Hydrargy-			
Gallium	Ga	70	69,5	rum)	Hg	200,0	198,5
Germanium	Ge	72,5	71,9	Radium	Ra	225	223,3
Gold (Aurum)	Au	197,2	195,7	Rhodium	Rh	103,0	102,2
Helium	He	4	4	Rubidium	Rb	85,4	84,8
Indium	In	114	113,1	Ruthenium	Ru	101,7	100,9
Iridium	Ir	193,0	191,5	Samarium	Sa	150	148,9
Jod	J	126,85	125,90	Sauerstoff (Oxygenium)	O	16,00	15,88
Kalium	K	39,15	38,86	Scandium	Sc	44,1	43,8
Kobalt (Cobaltum)	Co	59,0	58,56	Schwefel (Sulfur)	S	32,06	31,83

	Symbol	$O=16$	$H=1$		Symbol	$O=16$	$H=1$
Selen	Se	79,2	78,6	Uran	U	238,5	236,7
Silber (Argentum)	Ag	107,93	107,12	Vanadin	V	51,2	50,8
Silicium	Si	28,4	28,2	Wasserstoff (Hydrogenium	H	1,008	1,000
Stickstoff (Nitrogenium)	N	14,04	13,98	Wismut (Bismutum)	Bi	208,5	206,9
Strontium	Sr	87,6	86,94	Wolfram	W	184,0	182,6
Tantal	Ta	183	181,6	Xenon	X	128	127
Tellur	Te	127,6	126,6	Ytterbium	Yb	173,0	171,7
Terbium	Tb	160	158,8	Yttrium	Y	89,0	88,3
Thallium	Tl	204,1	202,6	Zink	Zn	65,4	64,9
Thorium	Th	232,5	230,8	Zinn (Stannum)	Sn	119,0	118,1
Thulium	Tu	171	169,7	Zirkonium	Zr	90,6	89,9

Eine kleine Anzahl von Mineralien besteht nur aus einem einzigen solchen Element, z. B. Diamant, Graphit, Schwefel, Kupfer, Silber, Gold usw.; man pflegt derartig vorkommende Mineralien als »gediegene« zu bezeichnen.

Weitaus die Mehrzahl der Mineralien ist, wie ja auch die meisten übrigen Körper, aus mehreren Elementen zusammengesetzt.

Mittels der **qualitativen chemischen Analyse** wird festgestellt, welche Elemente an der Zusammensetzung einer Verbindung — im vorliegenden Falle eines Minerals — beteiligt sind.

Der sichere Nachweis namentlich seltenerer Elemente erfordert ein nicht unbeträchtliches Maß an chemischen Kenntnissen und Erfahrung, weshalb es keinen Zweck hat, hier näher auf die Methoden der qualitativen chemischen Analyse einzugehen, die man sich am besten durch Teilnahme an einem chemischen Praktikum zu eigen macht.

Der geübte Mineraloge wird freilich in vielen Fällen durch ein paar einfache, passend gewählte chemische Proben, »Reaktionen«, die Natur eines Minerals unzweideutig feststellen können, nachdem die physikalischen Proben (Bestimmung von Härte, Farbe, Glanz, Strich, Spaltbarkeit, specifischem Gewicht usw.) nur noch die Wahl zwischen einigen wenigen Mineralien möglich erscheinen lassen.

Auf diese einfachen Proben und die dazu nötigen Hilfsmittel soll später noch etwas näher eingegangen werden.

Für eine genaue Bestimmung und Untersuchung der Mineralien genügt es aber nicht, nur festzustellen, welche Elemente an der Zusammensetzung derselben beteiligt sind, sondern auch in welchem Gewichtsverhältnis dieselben in der Verbindung zueinander stehen.

Aufgabe der **quantitativen chemischen Analyse** ist es, diese Mengenverhältnisse möglichst genau zu bestimmen.

Ist schon die Erlernung der qualitativen Analyse für den Nichtfachmann oft mit großen Schwierigkeiten verknüpft, so gilt das in noch höherem Maße von der quantitativen Analyse, die in den Händen von Laien sehr

selten völlig einwandfreie Resultate zu Tage fördern dürfte, weshalb hier auch jegliche Andeutungen über dieselbe unterbleiben.

Die quantitative Analyse verschafft uns also genaue Kenntnis von der prozentualen Zusammensetzung der Körper, im vorliegenden Falle: der Mineralien.

In dieser Form geben die Resultate der Analysen verwandter Stoffe jedoch kein übersichtliches Bild von den zwischen ihnen bestehenden nahen Beziehungen, und man pflegt deshalb — und auch noch aus anderen Gründen — die Analysenresultate in eine andere, hierfür geeignetere Form zu kleiden.

Man hatte in der Chemie nämlich sehr bald die Beobachtung gemacht, daß die Grundstoffe, die »Elemente«, sich nur in ganz bestimmten Gewichtsverhältnissen miteinander verbinden.

So fand man z. B., daß sich immer 36,45 Teile Schwefelpulver mit 63,55 Teilen Eisenpulver zu 100 Teilen schwarzem Schwefeleisen vereinigen; wandte man von dem einen oder anderen Bestandteil mehr als die angegebene Menge an, so ging dieser Überschuß nicht mit in die entstehende Verbindung hinein; anderseits ergab die quantitative Analyse des Schwefelkieses, daß derselbe aus 46,58 % Eisen und 53,42 % Schwefel besteht.

Die Einführung bestimmter Verhältniszahlen, der **„Atomgewichte"**, welche ausdrücken, mit welchem Gewicht das kleinste Teilchen, das »Atom«, (ἄτομος, atomos = unteilbar), eines Elements sich an einer chemischen Verbindung beteiligen kann, gestaltet diese anscheinend komplizierten Zahlenverhältnisse sehr übersichtlich.

Als Einheit der Atomgewichte wurde dasjenige des Wasserstoffs, als das kleinste bekannte, gewählt; in neuerer Zeit ist man aus verschiedenen, hier nicht näher zu erörternden Gründen davon abgegangen und übereingekommen, das Atomgewicht des Sauerstoffs gleich 16 zu setzen.

In der Tabelle auf S. 168 und 169 sind sowohl die älteren Werte, für $H = 1$, als auch die neueren, für $O = 16$, aufgeführt.

Wir finden da z. B. für Eisen 55,9 (bzw. 55,5) und für Schwefel 32,06 (bzw. 31,83).

Dividieren wir durch diese Zahlen die oben aufgeführten Prozentzahlen von Eisen bzw. Schwefel im Schwefeleisen und Schwefelkies, so erhalten wir einmal für Schwefeleisen:

$$\frac{36{,}45}{32{,}06} = 1{,}137 \quad \text{und} \quad \frac{63{,}55}{55{,}9} = 1{,}137;$$

und andererseits für Schwefelkies:

$$\frac{53{,}42}{32{,}06} = 1{,}666 \quad \text{und} \quad \frac{46{,}58}{55{,}9} = 0{,}833.$$

Die gefundenen Zahlenwerte 1,137 und 1,137 verhalten sich wie 1 : 1 und anderseits 1,666 : 0,833 = 2 : 1; d. h. im Schwefeleisen ist ein Atom Schwefel mit einem Atom Eisen verbunden; im Schwefelkies dagegen zwei Atome Schwefel mit einem Atom Eisen.

Um die Zusammensetzung und die Atomgewichtsverhältnisse in den einzelnen Verbindungen kurz und klar ausdrücken zu können, hat man für alle Elemente abgekürzte Zeichen, **„Symbole"**, eingeführt, die man unter Beifügung von Zahlen, welche die Atomgewichtsverhältnisse in der betreffenden Verbindung angeben, zu **chemischen Formeln** vereinigt.

Man bedient sich dabei der Anfangsbuchstaben der lateinischen Namen der Elemente, z. B. *S* für Schwefel (Sulfur), *N* für Stickstoff (Nitrogenium), *Mn* für Mangan, *Cu* für Kupfer (Cuprum) usw.

Nötigenfalls wird, um Verwechslungen auszuschließen, noch ein zweiter kleiner Buchstabe hinzugefügt: *Se* für Selen, *Ni* für Nickel, *Na* für Natrium usw.

So ist, um zunächst bei dem früher benutzten Beispiel zu bleiben, FeS die Formel für Schwefeleisen, FeS_2 diejenige für Schwefelkies, ZnS die der Zinkblende, SiO_2 diejenige für Quarz, $(SiO_3)_6 Al_2 Be_3$ diejenige für Beryll usw., wobei z. B. SiO_2 als Formel für Quarz nicht nur bedeutet, daß im Quarzmolekül ein Atom Silicium und zwei Atome Sauerstoff enthalten sind, sondern auch, daß der Quarz aus $1 \times 28{,}4$ Gewichtsteilen Silicium und 2×16 Gewichtsteilen Sauerstoff besteht, woraus man sich im Bedarfsfalle die prozentuale Zusammensetzung leicht berechnen kann.

Die Summe der in einer chemischen Verbindung enthaltenen Atomgewichtszahlen stellt das sogenannte **„Molekulargewicht"** der betreffenden Verbindung dar; so beträgt z. B. das Molekulargewicht des Schwefelkieses, FeS_2:

$$55{,}9 + 2 \times 32{,}6 = 120{,}02;$$

dasjenige des Quarzes, SiO_2:

$$28{,}4 + 2 \times 16 = 60{,}4;$$

dasjenige des Berylls, $(SiO_3)_6 Al_2 Be_3$:

$$6 \times [28{,}4 + (3 \times 16)] + (2 \times 27{,}2) + (3 \times 9{,}1) = 6 \times [28{,}4 + 48] + 54{,}4 + 27{,}3 = (6 \times 76{,}4) + 54{,}4 + 27{,}3 = 458{,}4 + 54{,}4 + 27{,}3 = 540{,}1,$$

usw.

Die Elemente hat man in Nichtmetalle (oder Metalloide) und Metalle — und letztere wiederum in Leicht- und Schwer-Metalle mit einem specifischen Gewicht von unter bzw. über 5 — eingeteilt, wobei meist äußere Eigenschaften bestimmend waren, so daß diese Zweiteilung eine ziemlich willkürliche und rohe ist. Da dieselbe aber die Übersicht erleichtert, wird sie auch heute noch, trotz ihrer Mängel, beibehalten.

Von den lateinischen Namen der einzelnen Elemente bzw. deren Verbindungen hat man die in der Chemie üblichen Bezeichnungen für die Klassen verwandter, also zusammengehöriger Verbindungen abgeleitet. So nennt man z. B. gewisse Verbindungen, welche aus einem oder mehreren Elementen und Schwefel, »Sulfur«, bestehen: »Sulfide«; entsprechende Selen-Verbindungen: »Selenide«; Verbindungen von einem Element mit Sauerstoff, »Oxygenium«: »Oxyde«; gewisse Chlor-Verbindungen: »Chloride«; Verbindungen der Salpetersäure, »Acidum nitricum«: »Nitrate«; Verbindungen der Kohlensäure, »Acidum carbonicum«: »Carbonate«; Verbindungen der

Schwefelsäure, »Acidum sulfuricum«: »Sulfate«; Verbindungen der Borsäure: »Borate«; Verbindungen der Phosphorsäure: »Phosphate«; Verbindungen der Kieselsäure: »Silikate« (vom lateinischen silex, silicis = Kiesel) usw.

Schließlich sei noch erwähnt, daß man in der Chemie zwischen Säuren, Basen und Salzen unterscheidet.

Säuren sind Verbindungen von Wasserstoff mit einem Säurerest, in denen dieser Wasserstoff durch Metalle ersetzbar ist, falls die Säuren in Wasser gelöst sind.

Diese wässrigen Lösungen haben einen saueren Geschmack und färben blaues Lackmuspapier rot.

Es gibt gasförmige, z. B. Salzsäure (HCl)[1]), flüssige, z. B. Schwefelsäure (H_2SO_4) und feste Säuren, z. B. Oxalsäure (Kleesäure, $C_2H_2O_4$).

Der Säurerest ist entweder ein Nichtmetall (Metalloid), z. B. Cl (in Salzsäure) oder eine Gruppe von Elementen, welche Sauerstoff enthält, z. B. SO_4 bei der Schwefelsäure, C_2O_4 bei der Oxalsäure.

In einem gewissen Gegensatz zu den Säuren stehen die **Basen.**

Dieselben sind Verbindungen von Metallen mit der Atomgruppe OH, der sogenannten »Hydroxyl«-Gruppe, — aus Hydrogenium (Wasserstoff) und Oxygenium (Sauerstoff) gebildet. —

Nur die wenigsten derselben sind in Wasser löslich; diese wässrigen Lösungen besitzen ohne Ausnahme einen laugenartigen Geschmack und färben rotes Lackmuspapier blau.

Läßt man passende Mengen einer Säure und einer Basis aufeinander einwirken, so entsteht eine Verbindung, welche weder blaues, noch rotes Lackmuspapier verändert — man nennt dieses Verhalten »neutrale Reaktion« —, also weder Säurewasserstoff, noch Basishydroxyl enthalten kann. Eine derartige Verbindung bezeichnet man als (neutrales) **Salz;** ein solches enthält immer einen Säurerest — von der Säure herrührend — und ein Metallatom — von der Basis stammend —; der freiwerdende Säurewasserstoff vereinigt sich bei einer derartigen »Neutralisation« mit dem sich gleichfalls loslösenden Basishydroxyl zu Wasser: $H + OH = H_2O$; z. B.

$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O;$$
Salzsäure + Natriumhydroxyd = Natriumchlorid + Wasser;

oder:

$$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O;$$
Schwefelsäure + Natriumhydroxyd = Natriumsulfat + Wasser;

oder:

$$H_2SO_4 + Zn(OH)_2 = ZnSO_4 + 2H_2O;$$
Schwefelsäure + Zinkhydroxyd = Zinksulfat + Wasser,

usw.

---

[1]) Die unter dem Namen »Salzsäure« allgemein bekannte Flüssigkeit ist eine wässrige Lösung des Salzsäuregases.

Salze können auch noch auf andere Weise entstehen, z. B. durch Einwirkung der wässrigen Lösung einer Säure — bzw. der Säure — auf ein Metall, wobei letzteres an die Stelle des Säurewasserstoffs tritt, während dieser Wasserstoff in Form von Gasbläschen entweicht; z. B.

$$H_2SO_4 + Zn = ZnSO_4 + H_2$$

Schwefelsäure + Zink = Zinksulfat + Wasserstoff.

Auch aus Säure und Metalloxyd kann die Bildung eines Salzes vor sich gehen, z. B.

$$H_2SO_4 + ZnO = ZnSO_4 + H_2O$$

Schwefelsäure + Zinkoxyd = Zinksulfat + Wasser.

Der freiwerdende Wasserstoff vereinigt sich in solchem Falle mit dem gleichfalls freiwerdenden Sauerstoff zu Wasser, so daß keine Gasentwicklung zu bemerken ist.

Die Anzahl der durch Metalle ersetzbaren Wasserstoffatome ist bei den verschiedenen Säuren verschieden, ebenso die Anzahl der Hydroxylgruppen bei den Basen.

Manche Säuren enthalten z. B. nur einen solchen Säurewasserstoff: Salzsäure (HCl), Fluorwasserstoffsäure (HF), Salpetersäure (HNO_3); andere zwei: Schwefelsäure (H_2SO_4), schweflige Säure (H_2SO_3), Kohlensäure (H_2CO_3); noch andere drei: Phosphorsäure (H_3PO_4), Antimonsäure (H_3SbO_4) usw.

Zur bequemen Unterscheidung pflegt man die Säuren mit einem Säurewasserstoff als »einbasische«, solche mit zwei Atomen Säurewasserstoff als »zweibasische«, andere mit drei als »dreibasische« usw. zu bezeichnen.

Anderseits kennt man Basen mit nur einer Hydroxylgruppe: Natriumhydroxyd ($NaOH$), Kaliumhydroxyd (KOH); ferner solche mit zwei Hydroxylgruppen: Calciumhydroxyd $Ca(OH)_2$, Baryumhydroxyd $Ba(OH)_2$; andere mit drei: Eisenhydroxyd $Fe(OH)_3$, Chromhydroxyd $Cr(OH)_3$ usw.

In ähnlicher Weise wie oben die Säuren nennt man Basen mit einer Hydroxylgruppe: »einsäurige«, solche mit zwei Hydroxylgruppen: »zweisäurige« usw.

Bezüglich der Erklärung weiterer chemischer Bezeichnungen und Tatsachen muß auf die Lehrbücher der Chemie verwiesen werden.

Polymorphie und Isomorphie.

Im Laufe der Zeit sind eine ganze Reihe von chemischen Verbindungen (und Elementen) bekannt geworden, welche in zwei oder mehr bezüglich des Krystallsystems und ihres physikalischen Verhaltens wesentlich verschiedenen Arten auftreten.

Zumeist begegnete man dabei nur zwei verschiedenen Gestaltungsweisen, bisweilen auch drei (und mehr); man bezeichnete erstere Erscheinung als **Dimorphie** (δίμορφος, dimorphos = zweigestaltig), letztere als **Trimorphie** (τρίμορφος, trimorphos = dreigestaltig); beide werden zusammen-

gefaßt unter dem Begriff der **Polymorphie** (πολύς, polys = viel, μορφή, morphe = Gestalt); früher auch Heteromorphie, Heteromorphismus oder Pleomorphie genannt.

Dimorphie zeigt z. B. der Kohlenstoff, C, der als Diamant regulär, als Graphit dagegen hexagonal krystallisiert; das Eisenbisulfid (Doppeltschwefeleisen) FeS_2, das als Pyrit in regulären Krystallen, als Markasit dagegen in rhombischen Formen auftritt; das Calciumcarbonat, $CaCO_3$, das als Kalkspat oder Calcit hexagonal-rhomboëdrische Krystalle bildet, während es als Aragonit rhombisch krystallisiert usw.

Trimorph ist z. B. das Titandioxyd oder Titansäureanhydrid (meist fälschlich »Titansäure« genannt) TiO_2[1]), das in zwei verschiedenen tetragonalen Formen: Als Rutil ($a : c = 1 : 0{,}6441$) und Anatas ($a : c = 1 : 1{,}7844$), sowie rhombisch als Brookit vorkommt.

Wie schon erwähnt, lassen polymorphe Substanzen auch bezüglich der physikalischen Eigenschaften Unterschiede erkennen, z. B. im specifischen Gewicht: C (Diamant): spec. Gewicht = 3,55; C (Graphit): spec. Gewicht = 2,30. FeS_2 (Pyrit): spec. Gewicht = 5,1; FeS_2 (Markasit): spec. Gewicht = 4,86. $CaCO_3$ (Calcit): spec. Gewicht = 2,7; $CaCO_3$ (Aragonit): spec. Gewicht = 2,9. TiO_2 (Rutil): spec. Gewicht = 4,25; TiO_2 (Anatas): spec. Gewicht = 3,9; TiO_2 (Brookit): spec. Gewicht = 4,05.

Unter **Isomorphie** (ἴσος, isos = gleich, μορφή, morphe = Gestalt), auch Homöomorphie (ὅμοιος homoios = ähnlich, μορφή, morphe = Gestalt) genannt, versteht man die 1819 von Mitscherlich entdeckte Fähigkeit ähnlich zusammengesetzter Substanzen, in gleichen oder wenigstens sehr ähnlichen Formen zu krystallisieren[2]).

So bilden z. B. die tetragonal krystallisierenden, analog zusammengesetzten Mineralien: Zirkon ($ZrSiO_4$), Rutil ($TiTiO_4$), Polianit ($MnMnO_4$) und Zinnstein ($SnSnO_4$) eine isomorphe Gruppe oder Reihe; ferner die hexagonal-rhomboëdrisch krystallisierenden Carbonate: Calcit ($CaCO_3$), Magnesit ($MgCO_3$), Smithsonit ($ZnCO_3$), Rhodochrosit ($MnCO_3$) und Siderit ($FeCO_3$); oder die rhombischen Sulfate: Baryt ($BaSO_4$), Coelestin ($SrSO_4$) und Anglesit ($PbSO_4$), usw.

Isomorphe Substanzen können ferner gleichzeitig in wechselnden Mengenverhältnissen an der Zusammensetzung eines Minerals beteiligt sein, sogenannte »isomorphe Mischungen« bildend.

So ist z. B. der Dolomit ($Ca, Mg)CO_3$, eine isomorphe Mischung von Calcit ($CaCO_3$) und Magnesit ($MgCO_3$); der Breunnerit ($Mg, Fe)CO_3$, eine solche von Magnesit ($MgCO_3$) und Siderit ($FeCO_3$), usw.

Kommen isomorphe Mischungen gleichzeitig in zwei dimorphen Modifikationen vor, so bezeichnet man sie als »isodimorph«.

---

1) Rutil wird neuerdings als $TiTiO_4$ aufgefaßt.

2) Die analogen Winkel der Krystalle isomorpher Substanzen können nur im regulären System einander gleich sein; in den übrigen fünf Systemen weichen sie um meist allerdings nur sehr geringe Beträge voneinander ab.

Lötrohranalyse.

Wie bereits früher erwähnt, begnügt sich der Mineraloge nach Feststellung von Farbe, Härte, Strich, Tenacität, Spaltbarkeit, spec. Gewicht usw. für gewöhnlich mit einigen einfachen, sogenannten »Lötrohrproben«, um die unzweideutige Bestimmung eines vorliegenden, unbekannten Minerals herbeizuführen und greift nur in Fällen, in denen das nicht möglich bzw. ratsam ist, zu der qualitativen Analyse auf »nassem« Wege.

Auch der Chemiker pflegt, wenn auch in geringerem Umfange, diese einfachen Proben als sogenannte »Vorproben« (oder »Vorprüfung«) vor der eigentlichen qualitativen Analyse anzuwenden, um sich über die Natur der vorliegenden Substanz einen allgemeinen Überblick zu verschaffen und danach die genauere Prüfung zu modifizieren.

Im Nachfolgenden mögen die wichtigsten dieser Proben sowie die dazu nötigen Gerätschaften Erwähnung finden.

An letzteren sind erforderlich:

1. Röhrchen von schwerschmelzbarem Glase, etwa 5 mm weit und 6 bis 7 cm lang; einseitig zugeschmolzene, sogenannte »Kölbchen« und einige längere (12 cm) beiderseitig offene.

2. Ein Lötrohr; am besten ein solches, das sich zwecks Reinigung in mehrere, durch einfaches Aneinanderstecken festzusammenhaltende Teile — Spitze, Speichelkasten und Rohr mit Mundstück — zerlegen läßt.

Das Mundstück soll trompetenartig erweitert sein (Abb. 300), so daß es beim Blasen fest an die Lippen gedrückt werden muß, was namentlich bei längerem Gebrauch nicht so ermüdend wirkt, wie das Festhalten der in den Mund zu nehmenden, röhrenförmigen Mundstücke.

Abb. 300.

Die besseren Lötrohre sind meist mit einer abnehmbaren Spitze aus Platin versehen.

Als Flamme kann diejenige eines Bunsenbrenners oder einer dicken Stearinkerze verwendet werden. In das senkrechte Rohr des Bunsenbrenners wird dabei ein eben passendes engeres geschoben, dessen obere Mündung abgeschrägt und zu einem schmalen Schlitz zusammengedrückt ist (Abb. 301 u. 302) (a. f. S.).

Man unterscheidet zwischen Reductions- und Oxydationsflamme — reducieren = zurückführen, z. B. ein Metalloxyd in das betreffende Metall; oxydieren = in eine Sauerstoff-(Oxygenium-)Verbindung überführen.

Zur Erzeugung der **Reductionsflamme** hält man die Lötrohrspitze seitlich **an** die Flamme und lenkt dieselbe durch **gelindes** Blasen schräg nach unten auf den zu reducierenden Körper hin, so daß letzterer ganz von derselben eingehüllt ist (Abb. 301).

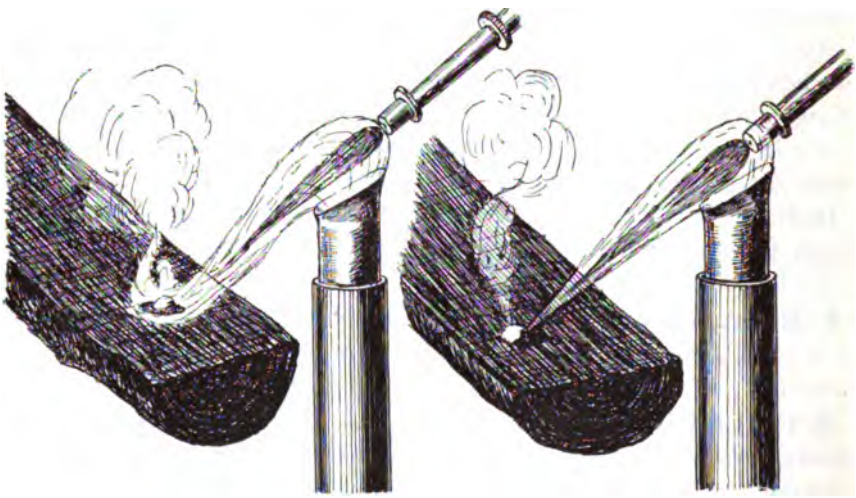


Abb. 301. Abb. 302.

Zur Erzielung der **Oxydationsflamme** bringt man die Lötrohrspitze ein wenig **ins Innere** der Flamme und bläst **kräftig,** so daß eine spitzige, blaue, schräg nach unten gerichtete Stichflamme entsteht; den zu oxydierenden Körper hält man unmittelbar vor die Flammenspitze (Abb. 302).

Die nicht leuchtende heiße Flamme des Bunsenbrenners oder — falls Gas nicht zur Verfügung steht — diejenige einer Spirituslampe wird auch noch bei der Prüfung der Flammenfärbung gebraucht.

3. Einige nicht zu kleine Stücke gutausgeglühter **Holzkohle,** als Unterlage beim Erhitzen vor dem Lötrohre.

4. Ein 10 bis 20 cm langes Stück **Platindraht,** ca. $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ mm dick. Das eine Ende desselben biegt man, etwa über einem dünnen runden Notizbleistift oder über einer starken Stricknadel, zu einer kleinen Öse zusammen, die als Halter für die Borax- und Phosphorsalzperlen dient.

5. Eine kleine **Achatreibschale;** 3 bis 5 cm Durchmesser sind genügend.

6. Einige dünnwandige, cylindrische **„Reagiergläser"** nebst Holzklammer zum Halten derselben beim Erhitzen; zur Prüfung auf Löslichkeit in Säuren, usw.

Ferner werden bisweilen noch gebraucht:

Ein Platinblech, 1,5 bis 2 cm breit und 4 bis 5 cm lang; eine Zange oder Pincette mit Platinspitzen; ein Stahlmörser, sogenannter »Diamantmörser«, zum Zerkleinern harter Mineralien; Hammer und kleiner Ambos; Stabmagnet, — eine magnetische Taschenmesserklinge genügt auch —; ein kleines geradsichtiges Spektroskop[1]).

An **Reagentien** benötigt man:

Entwässerte Soda, Na_2CO_3; Kalisalpeter, KNO_3, gepulvert; krystallisierten (oder entwässerten) Borax, $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ (schmilzt beim Erhitzen unter Aufblähen und Wasserabgabe zu einem klaren Glase); Phosphorsalz, $NaH(NH_4)PO_4 \cdot 4H_2O$ (zeigt beim Erhitzen das gleiche Verhalten wie Borax); ein pulvriges Gemenge von Jodkalium, $K\mathcal{J}$, und Schwefel (zum Wismutnachweis); sogenannte »Kobaltlösung« (Kobaltnitratlösung), $Co(NO_3)_2$; rotes und blaues Lackmuspapier.

Bisweilen werden noch gebraucht:

Verdünnte und concentrierte Salzsäure, HCl; verdünnte Salpetersäure, HNO_3; verdünnte und concentrierte Schwefelsäure, H_2SO_4; Ammoniumhydroxyd (»Ammoniak«), NH_4OH; Kalilauge, KOH; Cyankalium, CNK; Kaliumbisulfat (saures schwefelsaures Kalium), $KHSO_4$; Flußspatpulver, CaF_2; Gyps, $CaSO_4$; Natriumthiosulfat (unterschwefligsaures Natrium), $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$; Kochsalz, $NaCl$; Zinnchlorür, $SnCl_2$, fest und in Lösung; Eisenpulver; Kupferoxydpulver; Zinnfolie (Stanniol); Curcumapapier.

1. Prüfung im Glasröhrchen (Kölbchen).

Man erhitzt eine kleine Probe der gepulverten Substanz in einem der oben erwähnten schwerschmelzbaren Glasröhrchen in der Bunsen- oder Spiritusflamme zuerst gelinde, dann etwas stärker, — bis zu beginnender Rotglut —, und beobachtet dabei das Verhalten der Substanz.

---

1) Lötrohre und Zubehör liefern u. a.:

E. A. Böttcher, Berlin C 2, Brüderstr. 15: Lötrohre: 90 Pf. bis 2,75 Mk., Platinspitzen dazu: à 2,50 Mk., abgeschrägtes Einsatzrohr für Bunsenbrenner: 80 Pf., Bunsenbrenner dazu: 1,20 Mk., kleiner Lötrohrkasten für Anfänger (enthaltend Lötrohr, Lampe, Platindraht, Kohle, Glasröhrchen, Reagenzgläser, 3 Reagenzien): à 5 Mk., Lötrohrbesteck (enthaltend Lötrohr mit Platinspitze, Platindraht und Blech, Pincette mit Platinspitzen, Platinlöffel, Eisenlöffel und Reagenzien): 24 Mk., Holzkohle: 15 Pf., Pincette mit Platinspitzen: 4 Mk., Platinlöffelchen: 3,75 Mk., Stahlmörser (Diamantmörser): 7,50 Mk., Platindraht und Blech: 3 Mk.; Dr. F. Krantz, Bonn a. Rh.: Lötrohre mit Platinspitze: 6 Mk., desgl. ohne Platinspitze: 3 Mk., Platindraht und Blech: 3 Mk., Pincette mit Platinspitzen: 4,80 Mk., Stahlmörser (Diamantmörser): 12 Mk., Lötrohrreagenskasten (enthaltend Kerzenlampe, Kohlenkästchen, Glasröhrchen, 6 Reagenzien): 18,50 Mk., Lötrohrbesteck nach Hirschwald (enthaltend Lötrohr, Mörserzange, Pincette mit Platinspitzen, kleine Lupe, Magnetstäbchen, Platinblech und Draht nebst Halter, drei farbige Gläser): 31,50 Mk.

Es ist folgendes zu beachten:

a) Abgabe von Wasser:

Dasselbe entweicht oft unter Schmelzen und Aufschwellen der Substanz und setzt sich im oberen kälteren Teile des Röhrchens in Tröpfchen ab. Die alkalische, saure oder neutrale Reaktion desselben ist mittels Streifchen von Lackmuspapier festzustellen.

b) Abscheidung von Kohle unter gleichzeitiger Entwicklung brennbarer, **brenzlich riechender** (sogenannter »empyreumatischer«) **Dämpfe** deutet auf Anwesenheit organischer Verbindungen hin.

c) Farbenänderung der erhitzten Substanz:

Bei Anwesenheit der Verbindungen schwerer Metalle (Wasserabgabe oder Bildung von Oxyden aus Salzen); (Titansäureanhydrid färbt sich gelblichweiß bis bräunlich; Niob: gelb; Tantal: gelblichweiß).

d) Bildung eines Sublimats,

d. h. eines (festen) Beschlages in dem oberen kälteren Teile des Röhrchens.

Ein weißes Sublimat deutet auf Quecksilbersalze, Ammoniumverbindungen, Arsen- oder Antimontrioxyd.

Ein von Quecksilbersalzen herrührendes Sublimat färbt sich bei gelindem Erhitzen rot, wenn man es vorher mit entwässerter Soda bedeckt hat; erhitzt man stärker, so verschwindet die rote Färbung, und es setzt sich an den kälteren Stellen des Röhrchens ein graues Sublimat — aus kleinen Quecksilbertröpfchen bestehend (Lupe!) —, ab.

Aus Ammoniumverbindungen entwickelt sich beim Erhitzen mit Soda gasförmiges Ammoniak, — am Geruch zu erkennen.

Arsen- und Antimontrioxyd verändern sich beim Erhitzen mit Soda nicht, wohl aber, wenn man eine zweite Probe mit frischgeglühter Holzkohle oder einem Gemenge von Soda und Cyankalium erhitzt; in beiden Fällen entsteht ein schwarzer, spiegelnder Anflug von Arsen bzw. Antimon.

Ein gelbes Sublimat kann von Quecksilber- oder Arsenverbindungen herrühren; ein gelblichrotes von Quecksilbersalzen; ein gelbes bis bräunliches, beim Erhitzen zu rotbraunen Tropfen zusammenschmelzendes, von Schwefel, — aus gediegenem Schwefel oder Sulfiden stammend —; Selen gibt ein schwarzbraunes Sublimat.

Ein graues bis schwarzes Sublimat kann man erhalten bei Anwesenheit von: Quecksilber — es besteht in diesem Falle aus kleinen kugeligen Tröpfchen; (Lupe!) —; Quecksilbersulfid — schwarz, beim Reiben rot werdend —; Jod — gleichzeitiges Auftreten violetter Dämpfe —; Arsen — schwarzbraun, spiegelnd —; Tellur (grau).

e) Abgabe von Dämpfen.

Dieselben sind mittels feuchten Lackmuspapieres auf ihre Reaktion zu prüfen.

Rotbraune Dämpfe deuten auf Anwesenheit von Nitraten oder Brom, violette auf Jod hin.

f) Auftreten eines charakteristischen Geruchs.

Ammoniakgeruch geben: Ammoniumsalze und organische stickstoffhaltige Verbindungen; Geruch nach schwefliger Säure: schwefelsaure Salze; Knoblauchgeruch: Arsenverbindungen.

g) Sauerstoffentwicklung

läßt sich daran erkennen, daß ein während des Erhitzens in der Mündung des Glühröhrchens gehaltener glimmender Holzspan sich wieder entzündet; diese Reaktion geben einige Oxyde und Superoxyde schwerer Metalle, sowie Nitrate.

Selenverbindungen entwickeln beim Erhitzen im beiderseits offenen, schiefliegenden Rohr einen Geruch nach faulen Rettichen; Tellur gibt, auf dieselbe Weise erhitzt, dicke weiße Nebel, ohne Geruch.

2. Prüfung vor dem Lötrohr.

Man erhitzt eine kleine Menge der zu untersuchenden gepulverten Substanz entweder für sich allein oder mit entwässerter Soda gemischt auf Holzkohle in der Reductionsflamme.

Die Substanz bringt man dabei in ein kleines Grübchen, das man mit einem Messer, Pfennigstück oder dergleichen in die Kohle bohrt.

Bisweilen wirkt außer dem Sodazusatz ein solcher von Cyankalium besonders günstig.

Man muß anfangs ganz gelinde und vorsichtig blasen, damit die gepulverte Substanz durch den Luftstrom nicht fortgerissen wird; ein daraufgebrachtes Tröpfchen destillierten Wassers verhindert das Wegfliegen nach Möglichkeit.

Die dünnflüssigen Schmelzen, welche man bei Anwesenheit von Alkalisalzen erhält, ziehen meist vollständig in die poröse Kohle ein.

Schwere Metalle werden aus ihren Verbindungen reduciert. Diese Metalle sind zum Teil flüchtig, zum Teil oxydierbar, zum Teil schmelzbar; man hat deshalb besonders auf die Bildung von sogenannten **„Beschlägen“**, von **geschmolzenen Metallkörnern** und **ungeschmolzenen Massen,** zu achten.

Beschläge entstehen — neben Metallkörnern — auch dadurch, daß letztere durch den Luftsauerstoff zum Teil in Oxyde übergeführt werden, welche sich auf den benachbarten, kälteren Stellen der Kohle absetzen.

Da die entstehenden Metallkörner oft noch von geschmolzenen Massen bedeckt sind, die bei Anwesenheit von Schwefel gelb, rötlich oder braun gefärbt sein können, verfährt man zweckmäßig so, daß man die ganze Schmelze samt der umgebenden Kohle mit dem Messer herauskratzt, in die Achatreibschale bringt, und dort nach dem Befeuchten mit destilliertem Wasser mittels des Pistills zerdrückt.

Ein kleines Stückchen der Schmelze benutzt man zur Prüfung auf Schwefel, der sogenannten »Heparprobe«, indem man es auf eine blank-

geputzte Silbermünze legt und mit einem Tropfen Wasser befeuchtet; bei Anwesenheit von Schwefel entsteht auf ersterer ein brauner bis schwarzer Fleck von Schwefelsilber; auch Selen- und Tellurverbindungen geben diese Reaktion.

Den in der Reibschale zurückgebliebenen Rest zerreibt man unter weiterem Wasserzusatz und spült dann mittels eines schwachen Wasserstrahls (unter der Wasserleitung), den man fast am Rande der Reibschale auftreffen läßt, das leichtere Kohlenpulver weg, während die schwereren Metallkörner und Flitterchen auf dem Grunde der Schale liegen bleiben; duktile (dehnbare) Metallkörner sind bei dem Zerreiben meist zu Plättchen breitgedrückt worden, während spröde Metalle dabei zu mehr oder weniger feinem Pulver zerrieben wurden.

Die Metallkörner müssen oft noch auf ihre Oxydierbarkeit und Flüchtigkeit durch Erhitzen auf Kohle vor der Oxydationsflamme des Lötrohres geprüft werden, wobei ebenfalls auf etwa entstehende Beschläge zu achten ist.

Baryum-, Strontium-, Calcium-, Magnesium- und Aluminium-Verbindungen, sowie manche Silikate, Phosphate und Borate geben beim Erhitzen mit Soda weiße, ungeschmolzene Massen, die nach dem Befeuchten mit Kobaltnitratlösung und nochmaligem heftigem Glühen häufig charakteristische Färbungen annehmen.

Chromverbindungen liefern meist ohne weiteres beim Glühen mit Soda grüne Schlacken.

Tabellen, nach Art der folgenden, erleichtern die Übersicht über diese sogenannten »Lötrohrreaktionen«.

Es geben:

Geschmolzene Metallkörner:

	Farbe:			Beschlag:
Gold	gelb	duktil,	nicht oxydierbar	—
Silber	weiß	duktil,	nicht oxydierbar	—
Kupfer	rot	duktil,	oxydierbar	—
Blei	grau	duktil,	oxydierbar	gelb, (weiß bei $PbSO_4$).
Wismut	rötlichweiß	spröde,	oxydierbar	gelb
Zinn	weiß	duktil,	oxydierbar	weiß (gering)
Antimon	weiß	spröde,	oxydierbar	weiß (gering).

Kein Metallkorn:

	Beschlag:
Zink	heiß: gelb; kalt: weiß;
Cadmium	gelbrot bis braun;
Arsen	weiß, flüchtig unter Knoblauchgeruch;
Quecksilber	flüchtig, weder Beschlag noch Geruch;
Selen	grau, flüchtig unter Rettichgeruch;

Tellur weiß mit rötlichem Saum, flüchtig ohne Geruch;
Thallium gelb.

Wismutverbindungen geben, mit Jodkalium und Schwefel gemischt, vor dem Lötrohre einen roten Beschlag.

Dunkelgraue, ungeschmolzene Massen:

Eisen	oxydierbar	magnetisch
Kobalt	oxydierbar	magnetisch
Nickel	oxydierbar	magnetisch
Mangan	oxydierbar	
Platin	nicht oxydierbar	
Palladium	nicht oxydierbar	
Molybdän	oxydierbar,	weißer Beschlag
Wolfram	oxydierbar.	

Weiße ungeschmolzene Massen:

	Mit Kobaltnitrat geglüht:
Aluminiumoxyd	blau
Berylliumoxyd	grau
Magnesiumoxyd	blaß fleischfarbig
Baryumoxyd	bräunlichgrau
Strontiumoxyd	grau
Calciumoxyd	grau
Titansäureanhydrid TiO_2	gelblichgrün
Zirkonsäureanhydrid ZrO_2	schmutzig violett
Zinnsäureanhydrid SnO_2	blaugrün
Niobsäureanhydrid Nb_2O_5	schmutzig grün
Tantalsäureanhydrid Ta_2O_5	fleischrot
Zinkoxyd	grün
Antimontrioxyd	schmutzig blaugrün.

3. Prüfung in der Phosphorsalz- und Boraxperle.

Man erhitzt das zu einem Öhr gebogene Ende des Platindrahtes in der nichtleuchtenden Bunsen- oder Spiritusflamme ein wenig und bringt durch schnelle Berührung mit dem heißen Draht ein Körnchen Phosphorsalz oder Borax zum Festhaften.

Bei weiterem vorsichtigen Erhitzen erhält man schließlich eine klare Perle, an welche man eine Spur der zu untersuchenden Substanz bringt und nun in der Oxydationsflamme — Lötrohr- oder Spitze der Bunsenflamme — erhitzt.

Viele Stoffe erteilen dabei der Perle eine charakteristische Färbung, die bisweilen an der heißen Perle eine andere ist, als an der erkalteten.

Die Reductionsflamme, — Lötrohr oder innerer Kegel der Bunsenflamme —, bewirkt oft bemerkenswerte Farbenänderungen, namentlich wenn die Reduction durch Zusatz von etwas Zinnfolie (Stanniol) erleichtert wird.

Kieselsäure gibt in der glühenden Phosphorsalzperle — nicht in der Boraxperle — während des Schmelzens umherschwimmende weiße Flocken: ein sogenanntes »Kieselskelett«.

Charakteristisch gefärbte Phosphorsalzperlen erhält man bei Anwesenheit von:

	Oxydationsflamme:	Reductionsflamme:
Kobalt	blau	blau
Chrom	grün	grün
Eisen	heiß: gelb bis dunkelrot kalt: gelblich bis farblos, bei Gegenwart von Kobalt und Kupfer: grün	heiß: rot kalt: grünlich bis farblos
Nickel	rötlichgelb	farblos bis undurchsichtig grau
Mangan	violett	farblos
Kupfer	grünlichblau	braunrot, undurchsichtig (namentlich auf Stanniolzusatz)
Titan	farblos	violett, bei Gegenwart von Eisen: blutrot
Niobium	farblos	violett bis blau, bei Gegenwart von Eisen: blutrot
Wolfram	farblos	blau, bei Gegenwart von Eisen: blutrot
Molybdän	farblos	grün bis schwarz
Uran	heiß: gelb kalt: gelbgrün	grün
Vanadin	farblos	grün.

4. Prüfung mittels Flammenfärbung.

Man befeuchtet dazu eine kleine Probe der zu untersuchenden, gepulverten Substanz mit Salzsäure — bisweilen ist Schwefelsäure noch günstiger — nimmt mit dem Ende eines Platindrahtes etwas davon auf und erhitzt in der Bunsen- oder Spiritusflamme, wobei man das Ende des Platindrahtes in die untere Randzone der Flamme hält.

Die Flamme wird gefärbt bei Anwesenheit von

Lithium	karminrot
Strontium	purpurrot
Calcium	gelbrot

Natrium	gelb[1])
Baryum	gelbgrün
Molybdän	zeisiggrün
Borsäure	zeisiggrün (besonders nach Befeuchten mit Schwefelsäure)
Thallium	leuchtend grün
Kupferoxyd	smaragdgrün
Phosphorsäure	blaugrün (namentlich nach Befeuchten mit Schwefelsäure)
Tellur	blau mit grünem Saum
Selen	kornblumenblau
Blei	fahlblau
Arsen	schwach hellbläulich
Antimon	schwach grünlichblau
Indium	blauviolett
Kalium	violett
Rubidium	fahl violett
Caesium	fahl violett.

Zur Unterscheidung und zum sicheren Nachweis von Lithium, Thallium, Indium, Gallium, Rubidium, usw. benutzt man am besten ein Spektroskop.

Mit der Vervollkommnung der Lötrohranalyse befaßten sich unter anderen: von Kobell, Plattner, Rammelsberg, Rose, Hirschwald, Fuchs-Brauns, Goldschmidt und andere mehr, von denen zum Teil auch eingehende Anleitungen in der Lötrohranalyse erschienen sind.

---

1) Die intensive Färbung der Natriumflamme verdeckt oft die von anderen Stoffen herrührenden, lichtschwächeren, namentlich die des Kaliums; betrachtet man in solchen Fällen die gefärbte Flamme durch blaues Glas (Kobaltglas), so wird der störende Einfluß der gelben Natriumflamme zum Verschwinden gebracht.

Die Mineraliensammlung.

Die Größe der zu sammelnden Stücke; Präparation derselben.

Die Größe der zu sammelnden Mineralstufen ergibt sich in den meisten Fällen von selbst; denn im allgemeinen wird es nur unter Beobachtung ganz besonderer Vorsichtsmaßregeln und nach Ausführung umfangreicher und zeitraubender Vorbereitungen gelingen, besonders große Stufen eines Minerals unbeschädigt loszusprengen, ganz abgesehen von den Transportschwierigkeiten, welche solche große Stücke verursachen können.

Für gewöhnlich wird man sich damit begnügen müssen, etwa handgroße Stücke zu bekommen.

Wer nicht über den nötigen Platz verfügt, um eine Sammlung in derartigen Exemplaren unterzubringen, muß sich mit kleineren Stücken zufrieden geben.

Nicht genug zu warnen ist vor strenger Einhaltung eines sogenannten »Normalformats«.

Ein solches eignet sich wohl für eine Gesteinssammlung, bei welcher im allgemeinen jeder Quadratcentimeter eines Stückes alle charakteristischen Eigenschaften des betreffenden Gesteins aufweist, nicht aber für Mineraliensammlungen, bei denen das nicht der Fall sein kann, vor allem wegen der in weitesten Grenzen schwankenden Größe der Krystalle.

Große mineralogische Handlungen, welche meist über Stücke der verschiedensten Größe eines und desselben Vorkommens verfügen, sind wohl in der Lage, auch Mineraliensammlungen in bestimmten Formaten zusammenstellen zu können, nicht aber der Privatsammler, welcher sich mit dem gerade Gebotenen begnügen muß.

Oft kommt es auch vor, daß eine kleine Stufe schönere und vollkommenere Krystalle zeigt als ein großes Stück gleichen Vorkommens, und es wäre doch sehr unklug, wenn man in einem solchen Falle das große, weniger gute Stück dem kleinen, vorzüglichen vorziehen wollte, nur weil ersteres »Normalformat« besitzt.

Die strenge Durchführung des »Normalformates« dürfte namentlich auch dann auf Schwierigkeiten stoßen, wenn es sich um seltene, nur in kleinen — oft losen — Krystallen vorkommende oder sehr wertvolle Mineralien handelt; denn bei Gold, Platin, Rubin, Smaragd, Diamant, Euklas, Rot-

giltigerz, Argyrodit, usw. dürfte ein »Normalformat« von z. B. 9 × 12 cm kaum einzuhalten sein!

Anderseits wird man besonders große, schöne Stufen, die man oft einem glücklichen Zufall verdankt, um des »Normalformats« willen nicht in vandalischer Weise zerstören.

Vor allem achte man darauf, daß die gewählten Stücke die charakteristischen Eigenschaften des betreffenden Minerals möglichst deutlich vor Augen führen, und daß bei krystallisierten Mineralien unverletzte, gut ausgebildete Krystalle vorhanden sind.

Das die Unterlage bildende Gestein, das »Muttergestein«, ist oft für das betreffende Vorkommen charakteristisch und darf deshalb nicht etwa vollständig entfernt werden, zumal bei solchen nachträglichen Verschönerungsversuchen das Stück durch unvorhergesehene Zufälle sehr oft an Wert verliert, namentlich wenn man das Überschüssige mit dem Hammer abschlagen will, weil man über eine Gesteinsschneidemaschine nicht verfügt. Ist man im Besitz einer solchen, so läßt sich bei einiger Vorsicht eine Präparation der Stücke ohne allzugroße Bruchgefahr bewerkstelligen; die Anschaffung einer derartigen, ziemlich teuren Vorrichtung dürfte sich aber wohl nur bei Vorhandensein sehr umfangreicher Sammlungen und gleichzeitiger Verwendung zu petrographischen Arbeiten lohnen.

In Fällen, in denen ein Mineral durch das Vorherrschen des Muttergesteins allzusehr in den Hintergrund gedrängt wird, ist eine Entfernung des Überschusses wünschenswert, namentlich dann, wenn das Wichtige an zu exponierter oder zu verborgener Stelle — etwa in einer schmalen, tiefen Spalte — sitzt.

Wenn z. B. ein umfangreiches Gesteinsstück vorliegt, an dessen einer Schmalseite einige Kryställchen des betreffenden Minerals aufgewachsen sind, welche Gefahr laufen, durch das wiederholte Anstoßen an die Wand des Aufbewahrungskästchens beschädigt zu werden, wird man versuchen, das Überschüssige parallel zu dieser Schmalseite abzuspalten (Abb. 303)

Abb. 303. Abb. 304.

und dabei gleichzeitig eine möglichst ebene Bruchfläche zu erhalten suchen, damit letztere als Auflagefläche dienen kann (Abb. 304). Läßt jedoch die Gesteinsstruktur eine derartige Präparation von vornherein als gewagt und das Stück gefährdend erscheinen, so unterlasse man letztere lieber.

Sind nur winzige Stückchen des betreffenden Minerals, versteckt sitzende Kryställchen oder dergleichen an einer Stufe vorhanden, so erspart man sich das sonst bei jeder Betrachtung von neuem nötige Suchen durch Aufkleben von kleinen, aus buntem Glanzpapier geschnittenen Pfeilen: ➡, deren Spitzen nach den wichtigen Punkten hinweisen.

Ganz verfehlt wäre es natürlich auch, wollte man einer »Mineraliensammlung« nur krystallisierte Stücke einverleiben; denn einmal kommt eine ganze Anzahl von Mineralien ja nur undeutlich krystallisiert bzw. derb vor, und anderseits ist es wichtig, daß man die bisweilen gut krystallisierenden Mineralien auch in derber Ausbildungsweise kennen lernt, weil letztere oft wegen ihres reichlichen Vorkommens gerade das Technisch-Wichtige des betreffenden Minerals darstellt.

Sollte bei der Gewinnung oder Präparation von Mineralstufen trotz größter Vorsicht doch einmal ein Stück zerbrochen sein, so wird man dasselbe, falls es wertvoll ist, zu kitten suchen.

Eine solche Kittung kann nur dann tadellos ausfallen, wenn alle Bruchstücke noch vorhanden sind, und deren Zahl nicht so groß ist, daß das richtige Zusammensetzen kaum möglich erscheint.

Viele Sammler benutzen als Kitt einfach flüssigen Fischleim (Syndetikon) oder geschmolzenen Schellack.

Krystalle, welche Erwärmung vertragen, kittet man, namentlich wenn sie durchsichtig sind, besser mit Canadabalsam, den man nach dem Anwärmen der Stücke — etwa in einer warmen Ofenröhre — auf die Bruchflächen aufträgt und dann erkalten läßt; nach einiger Zeit erstarrt der Balsam; das vollständige Trocknen dauert bisweilen aber ziemlich lange. Will man das Erhärten beschleunigen, so muß man das gekittete Stück längere Zeit gelinder Wärme aussetzen, wobei durch geeignete Maßnahmen — Umwickeln mit Fäden, Einspannen — dafür zu sorgen ist, daß die einzelnen Bruchstücke sich nicht gegeneinander verschieben können.

Sehr dauerhaft ist eine Kittung mit flüssigem Wasserglas und feinstem Feldspatpulver.

Man mischt auf einem Stück Fensterglas, Blech oder dergleichen einige Tropfen des ersteren gründlich mit einer kleinen Messerspitze des letzteren unter Anwendung eines aus einem Holzspan zurechtgeschnittenen Spatels, bis ein gleichmäßiger, zäher Brei entstanden ist, den man schnell auf die sauberen, trockenen Bruchflächen aufstreicht.

Der Kitt erhärtet sehr rasch und ist nach Verlauf einiger Stunden auch gegen Feuchtigkeit wenig empfindlich; er ist jedesmal frisch zu bereiten.

Die Feinde der Mineraliensammlung.

Ehe wir uns der Einrichtung der Sammlung zuwenden, dürfte es zweckmäßig sein, die Feinde, welche dieselbe bedrohen, kennen zu lernen, damit einige Punkte der Einrichtung rechte Würdigung erfahren.

Die Zahl und Gefährlichkeit dieser Feinde ist in unserem Falle glücklicherweise gering, sehr gering gegenüber den mannigfachen Gefahren, welche z. B. den Sammlungen ausgestopfter Vögel, den Schmetterlings- und Käfersammlungen, usw. drohen.

Der schlimmste Feind der mineralogischen Sammlungen ist der Staub.

Von gröberen Stücken läßt sich derselbe ja zwar unter Anwendung von Wasser und Bürste entfernen, feinere Stücke kann man abblasen oder mit weichen Haarpinseln abstauben; eine ganze Reihe von Mineralien verträgt aber auch diese zartere Behandlung nicht (oder wenigstens schlecht), z. B. Drusen nadel- bis haarförmiger Krystalle, die schöne, unter dem Namen »Eisenblüte« bekannte Aragonitvarietät, Mineralien mit feindrusiger Oberfläche und andere mehr.

Auf jeden Fall ist es vorteilhaft, wenn man die Mineralien nach Möglichkeit vor Staub zu schützen sucht; diesen Zweck erfüllende Sammlungsschränke werden späterhin beschrieben werden.

Aber auch der bestschließende Schrank ist nicht völlig staubdicht, und es ist deshalb zu empfehlen, Mineraliensammlungen in Räumen aufzustellen, welche möglichst wenig benutzt werden.

Wer eine größere Sammlung besitzt und über einen passenden Raum verfügt, wird sich ein besonderes Sammlungszimmer einrichten, in welchem die Staubbildung auf ein Minimum herabgedrückt werden kann, namentlich wenn der Fußboden nie gekehrt, sondern immer nur mit einem feuchten Lappen gewischt wird.

Nächst dem Staube bedroht die Feuchtigkeit eine ganze Reihe von Mineralien, und es ist deshalb vor der Aufstellung von Mineraliensammlungen in feuchten Räumen zu warnen.

Einige Mineralien lassen diese Gefahr sehr bald erkennen und werden, wenn man nicht beizeiten Gegenmaßregeln trifft, schließlich vollständig »zu Wasser«. So zerfließen z. B. Steinsalz und verwandte Mineralien in feuchten Räumen ziemlich schnell — die sogenannten »Abraumsalze« halten sich zum größten Teil auch in trockenen Räumen nur in luftlicht verschlossenen Behältnissen dauernd unverändert —; manche Vitriole verwittern an feuchter Luft; Pyrit und Markasit zerfallen oft gleichfalls zu Pulver: sie vitriolisieren, d. h. der in ihnen enthaltene Schwefel wird durch den Sauerstoff der feuchten Luft zum Teil in Schwefelsäure übergeführt, welche ihrerseits zersetzend auf benachbarte Partien des Minerals einwirkt. Ein gleiches Verhalten zeigen manche Kohlen. Die kostbaren Meteoreisen und andere stark eisen- oder manganhaltige Erze rosten; andere erleiden eine oberflächliche Zersetzung, welche sich in dem Auftreten von Anlauffarben kundgibt, usw.

Viele dieser Schäden sind nicht wieder gut zu machen, und es ist deshalb namentlich auch vor Aufstellung der Sammlungsschränke an feuchten Außenwänden von Gebäuden, deren Räume im übrigen trocken sind, zu warnen.

Das bisweilen empfohlene Lackieren der gegen Feuchtigkeit empfindlichen Stücke hilft nicht auf die Dauer und ist auch deshalb zu verwerfen, weil es oft charakteristische Eigenschaften des betreffenden Stückes — z. B. den Glanz — vollständig verdeckt. Die beste und gründlichste Abhilfe ist und bleibt die Aufstellung der Sammlung in einem anderen, trockenen Raum.

Auch das Licht wirkt auf manche Mineralien umwandelnd und zerstörend ein, doch hält es nicht schwer, dieselben dagegen zu schützen, denn schon das Aufbewahren in Holzkästen oder Schränken gewährt genügenden Schutz.

So verwandelt sich z. B. das schöne, rote Realgar unter dem Einflusse des Lichtes oberflächlich in ein gelblichweißes Pulver, das aus Auripigment und Arsentrioxyd ($As_2 O_3$) besteht; Schwefelkrystalle bekommen im Licht oft Sprünge; bei einer ganzen Anzahl von Mineralien verblassen (bzw. verändern sich) die Farben, z. B. bei Amethyst, Rosenquarz, violettem Apatit, Topas, Manganspat, Fowlerit, Wulfenit, Eglestonit, Terlinguait, usw.

Gewisse Mineralien erleiden auch durch die Luft, die ja immer Spuren von Feuchtigkeit enthält, Veränderungen: teils oberflächliche — z. B. Anlauffarben — teils tiefer greifende. So verwittern z. B. Struvit und Laumontit vollständig, so daß man sie nur bei völligem Luftabschluß unverändert aufbewahren kann.

Auch der namentlich in bewohnten Räumen nie ganz fehlende Schwefelwasserstoffgehalt der Luft bedingt an manchen Mineralien Oberflächenveränderungen; so läuft z. B. gediegenes Silber infolge oberflächlicher Bildung von Schwefelsilber ziemlich schnell braun oder schwarz an und wird dadurch unansehnlich; bei größeren Stufen, welche auf dem Gestein aufgewachsenes Silber zeigen, läßt sich gegen diesen Übelstand nicht viel tun; einzelne lose Krystallgruppen oder sogenannte »Silberzähne« kann man jedoch durch Einschluß in luftdicht verschlossene Gläschen dauernd frisch und glänzend erhalten.

Schließlich droht den Mineraliensammlungen auch noch Gefahr von unverständigen Menschen — großen wie kleinen — welche subtile Gebilde durch plumpes Zufassen oder Fallenlassen zerstören können; die einzige wirksame Gegenmaßregel ist ein guter Verschluß der Sammlung.

Hier sei noch davor gewarnt, Kindern wertvolle Mineralien bzw. Sammlungen zu schenken, selbst wenn dieselben eine besondere Vorliebe und ein gewisses Verständnis für diese Dinge an den Tag legen. Zur angehenden Belehrung genügt in solchen Fällen eine einfache, wenig kostbare Zusammenstellung der wichtigsten Mineralien. Denn es ist vorgekommen, daß Schüler, denen große, schöne Mineralstufen zu frühzeitig überantwortet wurden, dieselben infolge des in gewissen Jahren besonders lebhaften Sinnes für den Tauschhandel in wertlose Stückchen zerschlagen haben, nur um über eine möglichst große Anzahl begehrter Tauschobjekte zu verfügen.

Die Einrichtung der Sammlung.

Solange eine Mineraliensammlung noch klein ist, wird zu ihrer Unterbringung ein flacher Holzkasten mit gutschließendem Deckel bzw. ein Schubfach eines Schrankes oder einer Kommode genügen; bei weiterem Anwachsen der Sammlung muß man mehrere solcher Kästen oder Schubfächer in Benutzung nehmen und schließlich wird man sich, wenn irgend angängig, einen besonderen Sammlungsschrank einrichten, der eine größere Anzahl herausziehbarer Schubkästen enthält.

Die Gesamthöhe desselben soll nicht mehr als 1 m 80 cm bis 1 m 90 cm betragen, damit man auch das oberste Schubfach ohne Zuhilfenahme eines Trittes oder einer Fußbank noch bequem herausnehmen kann.

Die Schubkästen dürfen 60 bis 80 cm breit und 40 bis 60 cm tief sein; noch größere Schubfächer sind in gefülltem Zustande leicht etwas zu unhandlich und schwer.

Die Wände der Schubkästen sollen innen etwa 7 bis 9 cm hoch sein, damit man auch bisweilen vorkommende Stücke von größerer als Durchschnittshöhe unterbringen kann, was bei niedrigen Fächern nicht möglich wäre.

Je nach der gewählten Schubkastenhöhe wird der Schrank 14 bis 20 Fächer fassen.

Natürlich kann man auch eine Art Kommode mit derartigen Schubfächern — die in diesem Falle meist ziemlich breit ausfallen werden — ausstatten lassen.

Oft wird ein schon vorhandener Schrank, eventuell nach entsprechendem Umbau — Einziehen von Querböden und Einpassen von Schubfächern — Verwendung finden können.

Die übereinander liegenden Schubfächer sollen womöglich nicht nur durch rings umlaufende Rahmenleisten, sondern durch geschlossene Querböden voneinander getrennt sein, damit das durch die Reibung der Kästen auf ihrer Unterlage entstehende Holzmehl nicht auf die Mineralien im darunter befindlichen Kasten fallen kann[1]).

Wegen des Verstaubens ist auf dichten Schluß der Kästen zu achten, und es sollte deshalb zu Sammlungsschränken auch nur ganz trockenes Holz verarbeitet werden.

Will man die Mineralien vor Staub möglichst bewahren, so genügen selbst gutschließende Schubfächer noch nicht, denn durch die nie ganz zu vermeidenden feinen Ritzen dringen im Laufe der Zeit immer noch reichliche Mengen dieses Schädlings ein; es erweist sich deshalb als zweckmäßig, vor den Schubkästen noch gut schließende Flügeltüren anbringen zu lassen.

1) Will man diese Reibung bzw. die Bildung des Holzmehles auf ein Mindestmaß herabsetzen, so lasse man die aufeinander gleitenden Flächen aus hartem, geradfaserigem Holze fertigen, und zwar die Unterlage aus Eichenholz, die Sohle der Schubfächer dagegen aus Buche. Man vergesse nicht, die Gleitflächen von Zeit zu Zeit mit harter Seife oder Speckstein pulver einzureiben. —

Dadurch gewinnt nebenbei das Äußere des Sammlungsschrankes und auch der Verschluß ist einfach zu bewerkstelligen, weil das Türschloß den ganzen Schrank absperrt.

Im Gebrauch sehr umständlich und unzweckmäßig ist die Anbringung eines Schlosses an jedem Schubfach, wie man es trotzdem oft noch sieht.

Auch wenn die abschließenden Türen fehlen, kann man durch eine einfache, leicht anzubringende Vorrichtung alle Kästen mit einem Male unter Verschluß legen und zwar folgendermaßen:

An eine Flacheisenschiene, so lang, daß sie vom oberen Rande des obersten Kastens bis zum unteren Rande des untersten Kastens reicht, etwa 4 bis 5 mm dick und 1 bis 1,5 cm breiter als die Dicke der zu den Seitenwänden des Schrankes benutzten Bretter ausmacht — also 4 bis 5 cm breit — werden in passenden Abständen einige — 3 oder 5 Stück — Scharniere angenietet.

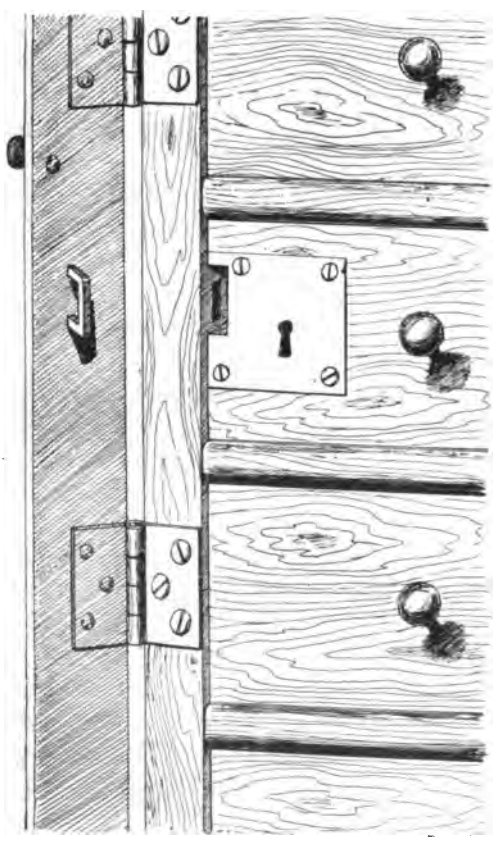


Abb. 305.

Die Schiene wird dann mittelst letzterer an die Vorderkante des die eine Seitenwand bildenden Brettes derart angeschraubt, daß sie sich seitwärts nach außen (in der Abb. 305 nach links) wegklappen läßt. Liegt die Schiene dagegen an der Vorderkante der Wandung an, so greift ihr Rand 1 bis $1\frac{1}{2}$ cm über die Schubfächer über und verhindert in dieser Stellung das Herausziehen sämtlicher Schubfächer. In bequemer Höhe wird an einem der letzteren an der Schienenseite ein Schloß angebracht, dessen Riegel in die seitliche Schrankwandung eingreift. An der Innenseite der Schiene ist in gleicher Höhe mit dem Riegel ein ⊓-förmiger Bügel angenietet, der sich beim Vorklappen der Schiene vor die Kästen derart in eine Aussparung einlegt, daß er nach dem Abschließen den Riegel des Schlosses umfaßt und infolgedessen ein unbefugtes Wegklappen der Schiene verhindert.

Auf diese Weise erzielt man einen bequemen Verschluß sämtlicher Schubkästen mit einem Male.

Manche Privatsammler bevorzugen Schränke von geringerer Höhe — etwa 1 m 20 cm —, welche oben einen pultförmigen Aufsatz mit Verglasung, einen sogenannten »Schaukasten«, tragen, wie sie in öffentlichen Sammlungen gebräuchlich sind.

Derartige Schränke sind namentlich dann von Vorteil, wenn man häufig in die Lage kommt, Laien einen Einblick in die Sammlung zu gewähren. Die größten Seltenheiten: oft winzige Kryställchen, welche infolge ihres Flächenreichtums oder ihrer seltenen Ausbildungsweise das Auge des Fachmanns erfreuen, finden in solchen Fällen schwerlich die verdiente Anerkennung.

Man erspart deshalb jenen Langeweile und Enttäuschung und sich viel unnütze Mühe, wenn man die großen Schaustücke in einem solchen gläsernen Schrankaufsatz vereinigt, der eine bequeme Besichtigung der darin befindlichen Mineralstufen ohne irgendwelche Umstände jederzeit gestattet, während die eigentliche, den Laien kaum interessierende Sammlung in dem Unterbau eingeordnet ist.

Der Schaukasten kann aus Holz- oder — eleganter — aus Metalleisten gefertigt sein; Abb. 306 zeigt einen derartigen niedrigen Sammlungsschrank mit Schaukasten.

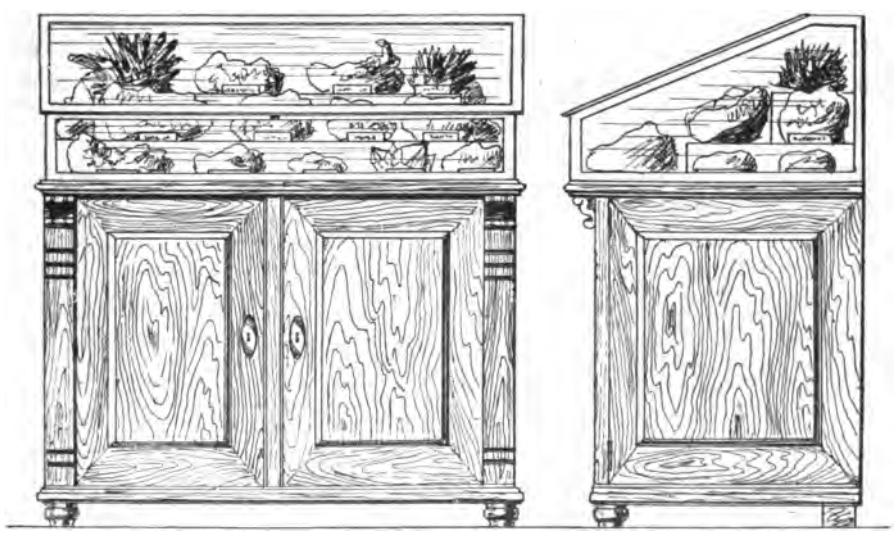


Abb. 306.

Beabsichtigt man nach und nach mehrere solcher Mineralienschränke anzuschaffen und nebeneinander aufzustellen, so ist zunächst auf möglichst gleiche Größe und ferner darauf zu achten, daß die Schranktüren so gearbeitet sind, daß sie beim Öffnen nicht vom Nachbarschrank behindert werden und an denselben anstoßen[1]), da sonst ein Herausziehen der Kästen oft unmöglich wird.

1) Die Ecksäulen dürfen also mit den Türflügeln nicht fest verbunden sein, so daß sich erstere beim Öffnen etwa mit nach außen drehen.

Bei Nebeneinanderstellung der Schränke ist es vorteilhaft, wenn die Türen so eingerichtet sind, daß sie nur um 90° gedreht werden können, also in geöffnetem Zustande gerade nach vorn stehen.

Man kann dann die Schranktüren auf der Innenseite in der Höhe der Zwischenböden mit horizontalen Führungsleisten versehen lassen, auf welchen die Kästen nach dem Herausziehen ruhen; der Inhalt der letzteren repräsentiert sich auf diese Weise sehr bequem und übersichtlich, ohne daß man nötig hätte, die Kästen wegzuheben.

Auch bei diesen niedrigen Sammlungsschränken läßt sich, falls denselben die abschließenden Türen fehlen, ein gemeinsamer Verschluß der Schubkästen nach Art des oben erwähnten anbringen, indem man die Ecksäulen an Stelle der Eisenschiene um Scharniere beweglich macht; die am oberen Ende dieser abklappbaren Ecksäulen eingelassenen Schlösser greifen mit ihren Riegeln in den Boden des etwas nach vorn vorspringenden Schaukastens ein.

Ist die Sammlung umfangreicher geworden, so empfiehlt es sich, um bei durchgängig gleichgroßen Schubkästen Verwechslungen vorzubeugen, erstere mit Nummerschildchen (Abb. 307) zu versehen.

Sehr erleichtert wird die Übersicht durch Anbringung von Schildchen, welche eine kurze Inhaltsangabe des betreffenden Schubkastens enthalten. Dieselben werden aus weißem Kartonpapier geschnitten, sauber

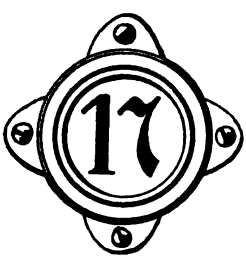


Abb. 307.

Abb. 308.

beschrieben — etwa in Rundschrift — und mit Reißzwecken außen an der Vorderwand der Kästen befestigt oder besser in kleine vernickelte Metallrähmchen (Abb. 308), wie man solche jetzt im Handel erhält, eingeschoben, welche ihrerseits dauernd an den Kästen angeschraubt bleiben. Bei letzterer Einrichtung sind, abgesehen vom saubereren Aussehen, auch die infolge Erweiterung der Sammlung sich bisweilen nötig machenden Änderungen oder Erneuerungen der Schildchen sehr leicht zu bewerkstelligen.

Die Mineralien einer Sammlung darf man nicht ohne weiteres in den Kästen unterbringen, sondern jedes Stück muß zunächst in ein der Größe

desselben entsprechendes Pappkästchen gelegt werden, welche man in den Schubfächern möglichst lückenlos aneinanderstellt.

Diese Pappkästchen verhüten, daß die einzelnen Mineralien beim Herausziehen und Hineinschieben der Kästen sich gegenseitig bestoßen und beschädigen oder untereinander geraten.

Die Kästchen werden bei einer Randhöhe von 1 bis 2 cm aus nicht zu starker Pappe hergestellt und außen mit einfarbigem Glanzpapier, innen mit weißem Papier beklebt.

Die früher übliche Selbstherstellung dürfte sich kaum noch verlohnen, weil diese Kästchen heutzutage in allen Größen und sauberer Ausführung zu billigen Preisen fabrikmäßig angefertigt werden[1]).

Damit die Farben der Mineralien recht zur Geltung kommen, wähle man nicht die früher üblichen Überzüge aus grünem oder blauem Glanzpapier, sondern eine weniger auffallende Färbung, etwa ein dunkles Braun oder besser noch Schwarz (auch vollständig mit weißem Glanzpapier überzogene Kästchen sind empfehlenswert).

Pappkästchen für Mineraliensammlungen liefern u. a. die Cartonnagenfabriken von Lachappelle & Cie., Straßburg, Dreizehnergraben 11 und Chr. Reiser, Lahr (Baden).

Weniger eignen dürften sich die neuerdings in den Handel gebrachten Mineralienkästchen aus schwarzlackiertem Eisenblech; denn abgesehen von der nicht unbeträchtlichen Vermehrung des Gesamtgewichts der Sammlung durch dieselben, vermag das harte Eisenblech das Bestoßen der Stücke beim Herausziehen der Kästen nicht in dem Maße zu verhindern, wie die relativ weiche Pappe. (Bei den unbeweglich aufgestellten Schausammlungen kommt dieser Umstand natürlich nicht in Betracht.)

Kleine Mineralstückchen, welche leicht verloren gehen können, wie Gold- und Platinsand, Edelsteine von Seifen, lose Körner usw. schließt man überdies noch in kleine, dickwandige, einseitig zugeschmolzene Glasröhrchen, sogenannte Präparatengläschen ein, die mit einem gutschließenden Kork zugestöpselt werden; die dünnen, zu chemischen Versuchen verwendeten »Reagiergläser« sind wegen ihrer Zerbrechlichkeit für vorliegenden Zweck nicht zu empfehlen[2]).

---

1) Wer sich dennoch mit der Selbstanfertigung der Kästchen befassen will, der lasse sich die nicht zu starke, einseitig mit weißem Papier überzogene Pappe vom Buchbinder wenigstens in passende Stücke schneiden und ritzen, der diese Arbeit besser und schneller ausführen wird als der Dilettant, welcher dabei ziemlich rasch ermüdet. Es bleibt dann nur noch das Ausschneiden der Eckstücke, das Aufbiegen der Seitenwände, das Zusammenkleben der Ecken und das Überziehen mit Glanzpapier zu tun übrig; alles Arbeiten, welche keinen großen Kraftaufwand, bzw. Geschicklichkeit erfordern.

2) Präparatengläschen mit Korken liefern u. a.:

E. A. Böttcher, Berlin C 2, Brüderstraße 15, in Größen von 60 × 26 mm bis 80 × 80 mm zum Preise von 1,25 bis 3,— Mk. per 10 Stück; Dr. F. Krantz, Bonn a. Rh., in Größen von 30 × 5 mm bis 105 × 20 mm zum Preise von 0,40 bis 1,— Mk. per 10 Stück.

Leicht zerfließende und luftempfindliche Mineralien verwahrt man gleichfalls dauernd in derartigen Präparatengläschen, bzw. in größeren weithalsigen Flaschen, sogenannten »Pulvergläsern«, mit eingeschliffenem Glasstopfen oder luftdicht schließenden Korkstopfen. Letzterer Verschluß ist bei sachgemäßer Ausführung ebenso sicher, wie ein gut eingeschliffener Glasstopfen und besitzt nebenbei den Vorzug größerer Wohlfeilheit.

Man schmilzt zu diesem Zwecke zunächst in einem Töpfchen Paraffin, (Paraffinum solidum, in den Drogengeschäften erhältlich, 1 Pfund kostet etwa 50 Pfennige) bei gelinder Wärme und bringt nach dem vollständigen Zergehen desselben den Korkstopfen, dessen Höhe halb so groß sei als die Länge des Flaschenhalses beträgt, in die Flüssigkeit, worin man ihn so lange beläßt, als noch Luftblasen aus ihm entweichen. Dann hebt man ihn heraus und läßt ihn vollständig erkalten.

Das Mineral wird nun in das saubere, vollständig trockene Pulverglas gelegt und die paraffinierte Korkscheibe so weit in die nochmals ausgetrocknete Mündung der Flasche eingedrückt, daß der Rand der ersteren den Kork ringsum einige Millimeter überragt. Dann legt man einige Stückchen Paraffin auf den Kork und bringt dieselben durch Überfächeln mit der Flamme eines schräg nach unten gekehrten Bunsenbrenners zum Schmelzen (Abb. 309).

Abb. 309.

Wenn sich das flüssige Paraffin überall gleichmäßig an den Flaschenhals angelegt hat, läßt man es ruhig erkalten.

In Ermangelung eines Bunsenbrenners kann auch ein Lötrohr bei dem Verschmelzen Verwendung finden; im Notfalle auch eine heiße Metallplatte, welche man in geringer Entfernung über die Flaschenmündung hält, bis alles Paraffin durch die strahlende Wärme geschmolzen ist.

Überbinden des nicht paraffinierten Korkes mit Pergament oder Tierblase bietet auf die Dauer keinen genügend sicheren Verschluß!

Schließt man kleine Kryställchen einfach in eines der oben erwähnten Präparatengläschen ein, so wird man es oft unliebsam empfinden, daß es bei manchen Exemplaren erst nach langem Hin- und Herdrehen des Gläschens gelingt, eine bestimmte Seite des Krystalls nach oben zu bringen und so der bequemen Betrachtung zugänglich zu machen.

Wegen dieses Übelstandes zieht man es häufig vor, derartige kleine Krystalle auf sogenannten Krystallträgern zu befestigen, welche, einen handlichen Fuß besitzend, eine allseitige Betrachtung des betreffenden Objekts bequem gestatten.

Man findet im Handel solche, namentlich für geschliffene Edelsteine bestimmte Krystallträger, welche aus einer vernickelten, federnden Metallzange bestehen[1]), in welche der betreffende Gegenstand gefaßt wird; das glänzende Metall beeinträchtigt aber bisweilen die Wirkung des Minerals, namentlich wenn letzteres klein ist.

Einfacher und billiger sind hölzerne Krystallträger, welche gleichzeitig leicht so eingerichtet werden können, daß ein Verlieren der kleinen Objekte infolge zufälligen Loslösens so gut wie ausgeschlossen ist.

Man läßt diese Krystallträger aus hartem, feinjährigem Holze, z. B. Birnbaum, von einem geschickten Drechsler anfertigen und mit heller Politur versehen.

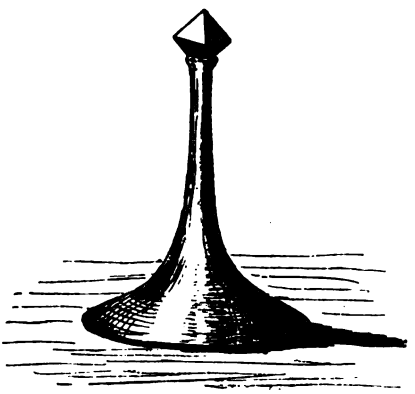


Abb. 310.

Die einfachste Form zeigt Abb. 310: ein breiter Fuß verjüngt sich schlank konisch nach oben hin; die Spitze ist mit einer trichterförmigen Einsenkung versehen, in welcher der Krystall mit etwas Klebwachs befestigt wird.

Will man einen Verlust der aufgeklebten Objekte vermeiden, so umgibt man dieselben mit einem der oben erwähnten Präparatengläschen, was nur geringe Mehrkosten verursacht. Die Krystallträger erhalten dann zweckmäßig die in Abb. 311 und 312 (a. f. S.) dargestellte Form.

Abb. 311.

Der oberste ca. 1,5 bis 2 cm hohe cylindrische Teil (*c*) wird so weit abgedreht, daß er in die Präparatengläschen der gewählten Größe mit geringem Spielraum hineinpaßt. Der Fuß (*f*) hat oben einen um ca. 1 cm, unten um ca. 2 cm größeren Durchmesser als der obere cylindrische Teil. Um die Standfestigkeit des Ganzen zu erhöhen, kann man in den Fuß von unten her eine sich nach oben etwas erweiternde Vertiefung — vgl. den Vertikalschnitt Abb. 312 — eindrehen lassen, welche man mit einer leichtflüssigen Legierung aus Blei, Zinn und Wismut — in einem Blechlöffel über der Bunsen- oder Spiritusflamme zusammenzuschmelzen — ausgießt.

---

1) Das Stück kostet etwa 35 bis 75 Pf.

Damit der Wachskegel, dessen Spitze den Krystall trägt, am Holze ordentlich festhaftet, sind am oberen Ende des Trägers einige seichte Rinnen eingedreht, bzw. Kerben eingeschnitten.

Die Befestigung des übergestülpten, schützenden Präparatengläschens kann ebenfalls mit Klebwachs erfolgen; sicherer ist die Befestigung mittels eines Kautschukringes, den man erhält, wenn man von einem guten, starkwandigen Kautschukschlauch, der gleichen Außendurchmesser wie der obere, cylindrische Teil des Krystallträgers besitzt, ein 5 mm breites Stück abschneidet. In dem cylindrischen Oberteil *c* muß dann unmittelbar über dem Fuß eine 5 mm breite Rinne eingedreht werden, deren Tiefe oben genau gleich der Wandstärke des benutzten Schlauchstückes ist, und die nach unten zu allmählich seichter wird, wie der Querschnitt in Abb. 312 erkennen läßt. Diese Einrichtung bewirkt, daß das übergeschobene Gläschen sicher festsitzt.

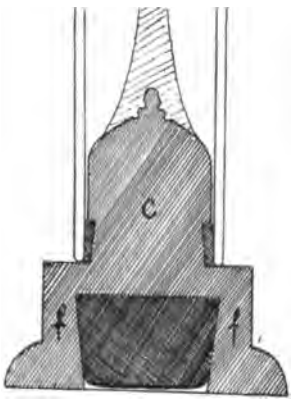


Abb. 312.

Das Klebwachs wird durch Zusammenschmelzen von Bienenwachs und Terpentinöl dargestellt; ein geringer Zusatz von Sesamöl verhindert etwaige allzugroße Klebrigkeit.

Weil das gelbe Wachs beim Kneten mit den Fingern selbst bei größter Sauberkeit unansehnlich wird, empfiehlt es sich, das Klebwachs durch Zusatz von Ruß schwarz zu färben.

Ein brauchbares schwarzes Klebwachs erhält man durch Zusammenschmelzen von:

45,0 g reinem Bienenwachs,
15,5 g Terpentin,
2,0 g Ruß

und 10 bis 20 Tropfen Sesamöl (Oleum sesami Gallicum).

Man läßt erst das Wachs vollständig zergehen, rührt dann den Ruß ein, setzt nach Wegnahme der Flamme das Terpentinöl unter Umrühren zu und fügt schließlich das Sesamöl bei.

Zu jedem Stück der Sammlung wird in das betreffende Pappkästchen ein sauber geschriebener Zettel aus starkem, weißem Papier gelegt, der Namen, Fundort und laufende Nummer — allenfalls auch noch die chemische Formel — enthält.

Im Handel sind zu diesem Zwecke Etiketten mit Vordruck und schwarzem Rand in verschiedenen Größen erhältlich[1]); wer eine große

1) Z. B. bei Dr. F. Krantz, Bonn a. Rh.: 5 × 7,5, 4,5 × 5,5 und 3,5 × 3,5 cm zu 25, 20 und 20 Pf. pro 100 Stück. —

Sammlung besitzt, wird sich vielleicht derartige Namenkärtchen auch extra drucken lassen, etwa wie in Abb. 343 angedeutet.

Wenig empfehlenswert ist die Benutzung der ebenfalls im Handel befindlichen Etiketten mit vorgedruckten Mineralnamen und den Rubriken Fundzeit und Fundort; denn die durch diesen Vordruck erzielte Arbeitsersparnis ist gegenüber den Schattenseiten der Etikettensammlung verschwindend gering, zumal Fundort und Fundzeit ja doch noch handschriftlich eingetragen werden müssen. Das Format dieser Zettel, 36 × 20 mm, ist für die meisten Sammlungen viel zu klein; da außerdem in dieser Etikettensammlung für jedes Mineral nur ein einziger vorgedruckter Zettel vorhanden ist, im allgemeinen in jeder Sammlung viele Mineralien jedoch in zahlreichen Exemplaren vorhanden sein werden, ist man ja ohnehin genötigt, für das zweite, dritte, vierte usw. Stück derselben Art weitere Zettel selbst anzufertigen.

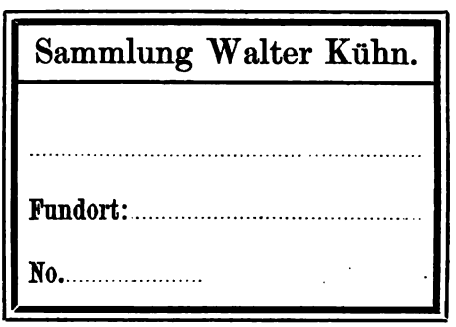


Abb. 343.

Alte Etiketten, welche zu geschenkten, getauschten oder gekauften Stücken gehören, werfe man nicht weg, sondern hebe sie, etwa in einem Kästchen, sorgfältig auf, da dieselben später oft noch unschätzbare Dienste leisten können.

Unter abfärbenden Mineralien — wie Graphit, Kohle, Ton, Kreide — liegende Namenkärtchen werden ziemlich schnell unansehnlich; falls man es nicht vorzieht, die betreffenden Zettel von Zeit zu Zeit zu erneuern, kann man sich auch in der Weise helfen, daß man sich Plättchen von Fensterglas schneiden läßt, welche in die betreffenden Pappkästchen passen und die darunterliegenden Namenschildchen vor Beschmutzung schützen.

In Schausammlungen bzw. in den oben erwähnten Schaukästen pflegt man die Namenkärtchen vor den betreffenden Mineralien in schräg nach hinten geneigter Lage zu befestigen.

Man kann sich zu diesem Zwecke Leisten von ◿-Querschnitt hobeln und in passenden Längen zerschneiden lassen. Die Namenschildchen werden auf der breitesten Fläche der Leisten mittels Reißzwecken oder Leim befestigt.

Bei genügender Breite dieser Fläche kann man letztere auch mit weißem Papier beziehen und auf diesem die Aufschrift anbringen.

Sehr vorteilhaft nehmen sich Schausammlungen aus, deren Stücke nicht in Pappkästchen, sondern auf rechteckigen Untersätzen von 2 bis 3 cm Höhe liegen, die mit weißem Papier überzogen bezw. weiß lackiert sind. Die vordere Fläche steigt schräg nach hinten an und dient zur Befestigung des Namenkärtchens; als Material verwendet man sehr starke Pappe oder Holz.

Falls man als gleichmäßig gefärbte Unterlage für die Mineralien einer Schausammlung eine Füllung der Pappkästchen mit möglichst gleichförmig gekörntem Sand, der durch eine Mischung von Ocker und schwachem Leimwasser stumpf gelb gefärbt wurde, bevorzugt, steckt man die Etiketten mit ihrem unteren Rande einfach in diesem fest (der untere Rand wird in diesem Falle zweckmäßig etwas breiter gehalten als die übrigen).

Manche Sammler ziehen es vor, die Namenkärtchen auch in den Schubkästen so anzubringen, daß man dieselben lesen kann, ohne erst das betreffende Mineral in die Hand nehmen zu müssen[1]), und zwar wird das Namenkärtchen dabei entweder mittels geeigneter Metallklammern — 100 Stück dieser Etikettenhalter kosten ca. 2,75 Mk. — auf der Wand des Pappkästchens befestigt, oder der Name wird auf die obere, mit weißem Papier bezogene Fläche einer Holzleiste, die bei etwa 1 cm Breite gleiche Höhe und Länge wie das Pappkästchen hat, geschrieben und diese dann, die beschriebene Seite nach oben kehrend, vor dem betreffenden, bzw. zwischen zwei benachbarten Pappkästchen aufgestellt.

Jedes Stück ist ferner mit einer Nummer zu versehen.

Gewöhnlich klebt man ein kleines gummiertes Papierschildchen mit Nummer an unauffälliger Stelle an jedes Stück an; an manchen Mineralien sind dieselben jedoch sehr schwer zum Festhaften zu bringen; manchmal springen sie auch erst nach längerer Zeit wieder ab[2]).

Am sichersten — wenn auch ziemlich umständlich — ist es, die Nummern mittels eines feinen Marderpinsels mit Ölfarbe direkt auf die Mineralien aufzumalen.

Die fortlaufende Numerierung aller Stücke erfolgt am besten in der Reihenfolge des Erwerbs der Mineralien, gleichgültig ob dieselben selbstgesammelt, getauscht oder gekauft sind.

Man legt sich zur besseren Übersicht ein besonderes Notizbuch an, das etwa folgende Rubriken enthält: Laufende Nummer, Name, nähere Merkmale, Fundort, Erwerb und Preis (natürlich nur bei gekauften Stücken auszufüllen).

---

1) Dieser gegenüber dem Gebrauch der unter den Mineralien liegenden Namenkärtchen oft erhobene Vorwurf wird hinfällig, wenn man sich daran gewöhnt, die Nummer des Minerals in einer Ecke des Kärtchens (die in den meisten Fällen von dem betreffenden Stück nicht bedeckt sein wird), also etwa links unten, anzubringen; man hat dann, wenn das bei einiger Vorsicht den Mineralien völlig unschädliche Anfassen der Stücke eben durchaus vermieden werden soll, nur nötig, die betreffende Nummer im Sammlungskatalog aufzuschlagen, um dort über alles Wissenswerte belehrt zu werden. Zudem wird ja jeder glückliche Besitzer einer Mineraliensammlung, falls er letztere nicht etwa nur dann zu Gesicht bekommt, wenn er sie einmal staunenden »Laien« vorführt, mit den Stücken seiner Sammlung sicher bald so vertraut werden, daß er wegen der Namen der Mineralien nur selten zum Katalog greifen muß.

2) Gedruckte gummierte Nummerzettel in verschiedenen Farben liefern u. a.:

E. A. Böttcher, Berlin C 2, Brüderstr. 15: (No. 1—5000, pro Blatt [1000 No.] 15 Pf., 5 Blatt 50 Pf.); Dr. F. Krantz, Bonn a. Rh.: (No. 1—500 zu 1 Mk.; No. 501—2000 zu 2,75 Mk.).

No.	Name	Nähere Merkmale	Fundort	Erwerb	Preis
264	Orthoklas	><[1]), Bavenoër Zwilling	Seidorf (Riesengebirge)	Selbst gefunden 17. VII. 04	
265	Turmalin	><, grün mit rosa Ende, 3,65 g.	Rio marina (Elba)	Eingetauscht von X. Y.	
266	Magnetkies	blättrig	Silberberg bei Bodenmais	Angekauft von Z. A.	1,60 ℳ

Bezüglich der Anordnung der Mineralien in den Sammlungen herrschte bis vor einiger Zeit die denkbar größte Willkür; bald jeder Sammler hatte sein »eigenes System«, das oft mehr oder minder kompliziert und gesucht war. Leider begegnet man auch heute noch prächtigen Sammlungen, welche, infolge Beibehaltung alter, ehemals für vortrefflich geltender Systeme, vom heutigen Standpunkt der Mineralogie aus denkbar unübersichtlich sind, ganz abgesehen davon, daß diese alten Anordnungen auch noch eine Reihe von Gesteinen, welche heute aus der Mineralogie in die Petrographie verwiesen werden müssen, den Mineralien zurechneten.

Es muß dieses Kleben am Alten umso mehr Wunder nehmen, als doch schon seit einer langen Reihe von Jahren die Einteilung der Mineralien nach modernen chemischen und krystallographischen Gesichtspunkten in der Wissenschaft allgemeine Anerkennung gefunden und in den meisten bedeutenden, öffentlichen Mineraliensammlungen sich Eingang verschafft hat.

Bahnbrechend auf diesem Gebiete war vor allem die »Tabellarische Übersicht der Mineralien nach ihren krystallographisch-chemischen Beziehungen« geordnet von Prof. Dr. P. v. Groth, München; Verlag von Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, IV. Auflage 1898, welche eine vollständige Systematik aller Mineralien darstellt[2]).

Sind zahlreiche Vorkommen ein und desselben Minerals in einer Sammlung vorhanden, so wird man diese unter sich wieder geographisch ordnen, derart, daß zunächst der Ort, an welchem sich die betreffende Sammlung befindet, sowie dessen nähere Umgebung berücksichtigt wird, woran sich die Stücke von immer weiter entfernten Fundstellen anreihen, so daß die anderen Kontinente den Schluß bilden[3]).

Schließlich sollte man sich noch einen Sammlungskatalog anlegen, der außer den physikalischen und chemischen Konstanten der Mineralien Angaben über bemerkenswerte Einzelheiten der betreffenden Stücke enthält.

Es empfiehlt sich nicht, zu diesem Zwecke ein festgebundenes Buch zu verwenden, weil man in einem solchen für etwa später noch neu

1) >< bedeutet, daß das betreffende Mineral in Krystallen vorliegt.

2) Auch die den zweiten Teil des vorliegenden Buches bildende Zusammenstellung aller bekannten Mineralien und ihrer wichtigsten Fundorte ist nach dem citierten Werke geordnet.

3) Diese geographischen Verhältnisse kann man dadurch noch übersichtlicher machen, daß man z. B. die Nummern nordamerikanischer Herkunft rot, die südamerikanischen blau, die asiatischen gelb, die australischen grün und die afrikanischen braun unterstreicht, während die europäischen nicht unterstrichen werden. —

hinzukommende Mineralien zwischen den bereits vorhandenen ja überall Platz frei lassen müßte.

Vorteilhafter ist ein sogenannter »Zettelkatalog«, bei welchem für jedes Stück ein besonderes, loses Blatt angelegt wird.

Alle diese Blätter werden dann, systematisch geordnet, in passenden Pappkästen oder Mappen aufbewahrt; letztere können, um ein Vertauschen und Durcheinandergeraten der Blätter zu verhindern, nach Art der Registriervorrichtungen für kaufmännische Zwecke (z. B. des Umlegsystems der Briefordner von L. Leitz, Feuerbach bei Stuttgart, und F. Soennecken, Bonn) hergestellt sein.

Bei großen Sammlungen verlohnt es sich, die Blätter mit einem Vordruck, etwa nach beifolgendem Schema, versehen zu lassen:

Sammlung Walter Kühn.

No. 354.

Name: Mikroklin, (Amazonit.)

Zusammensetzung Si_3O_8Al (K, Na.)

Klasse Silikate, E. Polykieselsaure Salze.

Krystallsystem: Triklin (pinakoidal)

Fundort: Pikes Peak, El Paso Co., Colorado (Nordamerika).

Herkunft: Getauscht von M. M. gegen Apatit vom Schwarzenstein (Tirol).

Preis: **Gewicht:** 16,9 g.

Anmerkungen: Vorhandene Flächen:

P = 0 (perlmutterglänzend)
T, l = ∞P (matt)
z = ∞P3
x = P∞

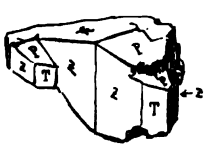


Abb. 314.

Eine Mineraliensammlung kann, ebenso wie jede andere Naturaliensammlung, sehr verschiedenen Charakter tragen: der eine häuft in einer Lokalsammlung nur die Mineralien seiner Heimat oder seines engeren Vaterlandes; ein anderer sucht in einer allgemeinen Sammlung ein möglichst vollständiges Bild der wichtigsten Mineralvorkommen zu geben; ein dritter sammelt nur lose Krystalle, usw.

Wie dem auch sei, immer soll die Sammlung übersichtlich und nach wissenschaftlichen Prinzipien geordnet sein, da ihr Wert sonst ein geringer ist. Vor allem sammle man aber nicht nur, um in den Besitz einer möglichst großen und reichhaltigen Sammlung zu gelangen, sondern um zu lernen und sich immer und immer wieder an den Wunderwerken der gütigen Natur zu erfreuen; dann allein wird man aus seiner Mineraliensammlung dauernd vollen Genuß und immer neue Anregung schöpfen!

Register.

A.

A-Achse 26.
Abdrücke, Fisch- 3.
—, Pflanzen- 3.
Abfärbende Mineralien 197.
Abgestumpft 39.
Abraumsalze 187.
Absorption des Lichtes 150, 163.
Absprengen von Krystalldrusen 8.
Abstauben der Mineralien 10.
Achatreibschale 176.
Achse, Zwillings- 128.
Achsen 26.
—, hemimorphe 167.
—, optische 164.
Achsenabschnitte 28, 29.
Achsenkreuze 26 ff.
Achtflächner 14, 33.
Achtundvierzigflächner, regelmäßiger 37.
Aggregat 136.
—, krystallinisches 136.
Aggregate, blättrige 136.
—, cylindrische 136.
—, faserige 136.
—, feinkrystallinische 136.
—, grobkrystallinische 136.
—, keulenförmige 136.
—, körnige 136.
—, kryptokrystallinische 136.
—, kugelige 136.
—, makrokrystallinische 136.
—, mikrokrystallinische 136.
—, schuppige 136.
—, stenglige 136.
—, zapfenförmige 136.
Alabaster 149.
Alaunkrystalle 13, 14, 28.
Albit 125, 126, 140.
Albit-Zwillinge 134.
Allgemeine Sammlung 201.
Allochromatisch 150.
Allseitig geschlossene Formen 55, 80, 93.
Alte Etiketten 197.
Ambos 177.
Amethyst 151, 188.
—, Brasilianischer 132.
Ammoniumhydroxyd 177.
Ammoniummagnesiumphosphat 102.
Amorph 137, 153.
Analysator 162.
Analyse, qualitative 169.
—, quantitative 169.
Anatas 150, 174 (2).
Anglesit 100, 150, 174.
Anflüge 10.
Angelaufen, bunt — 152.
—, einfarbig — 152.
Anlauffarben 10, 152, 187.
Anlegegoniometer 15, 17.
Anleitungen zum Bestimmen der Mineralien 10.
Anordnung der Sammlung 199.
Anorganische Naturkörper 2.
Anorthotypes System 115.
Anthracit 3.
Antimonglanz 100, 140, 152.
Apatit 71, 140, 142.
—, violetter 188.
Aplanatische Lupe 9.
Apophyllit 140.
Aragonit 100, 133, 135, 158, 166, 174 (2).
Aragonitdrillinge 133, 135.
Aragonitzwillinge 133.
Archimedisches Princip 144.
Arsen 152, 167.
Arsenkies 133.
Asbest 150, 156.
Aschentrekker 167.
Asterismus 135, 156.

Ästig 136.
Asymmetrische Abteilung 25, 116, 126.
— Formen 23.
— Klasse 25.
Asymmetrisches System 115.
Äther, Licht- 161.
Atom 170.
Atomgewicht 170.
Attractorisch 166.
Ätzfiguren 24, 41, 42, 46, 49, 72, 74, 87.
Aufgeklebte Nummern 198.
Aufgemalte Nummern 198.
Aufgewachsene Krystalle 15.
Aufschlüsse 4.
Augit 15, 112, 113, 140.
Augitzwillinge 134.
Ausfüllungspseudomorphosen 137.
Ausrüstung für Exkursionen 7 ff.
Ausschachtungen 4.
Außerordentlicher Strahl 154, 161.
Axinit 125, 126.

B.

B-Achse 26.
Badeorte 7.
Bahnbauten 4.
Baryt 100, 101, 159, 174.
Baryumquecksilberjodidlösung 148.
Basalt 4.
Basen 172.
Basis 60, 84, 112.
Basisches Pinakoid 55, 60, 80, 84, 93, 99, 105, 112, 116, 125.
Bau, schaliger 152.
Baumförmig 136.
Baumhauer 24.
Bavenoër Zwillinge 134.
*Becquerel*strahlen 159.
Benzol 148.
Beobachtungsfernrohr 17.
Bergbau 6.
Bergkrystall 149, 150, 160.
Bernstein 3 (2), 157, 166.
Berührungszwillinge 128.
Beryll 140, 150, 154, 171.
Beschaffenheit der Krystallflächen 15.
Beschläge 179.
Beständigkeit der Kantenwinkel 15.
Bestimmen der Mineralien 10 ff.
— — —, Anleitungen zum 10.
— — —, Übungen im 11.
Bestrahlung, Luminescenz durch 158.
Beugung des Lichtes 156.
Bezeichnungsweisen, krystallographische 28 ff.
Biegsam 141.
Bildung von Krystallen 13, 15.
Binnental 7.
Bipyramidale Klasse, dihexagonal- 25.
— —, ditetragonal- 25.
— —, ditrigonal- 25.
— —, hexagonal- 25.
— —, rhombisch- 25.
— —, tetragonal- 25.
— —, trigonal- 25.
Bipyramiden, dihexagonale 57.
—, hexagonale — I. Art 55.
—, — — II. Art 56.
—, rhombische 93 ff.
—, tetragonale — I. Art 80.
—, — — II. Art 81.
Biskuitplatte 153.
Bisphenoide, tetragonale 88.
Bisphenoidische Klasse, rhombisch- 25.
— —, tetragonal- 25.
Bitterer Geruch 167.
— Geschmack 167.
Bittersalz 102.
Bituminöse Substanzen 151.
Blasenraum 135.
Blattförmig 136.
Blattgold 160.
Blättrige Aggregate 136.
Blattsilber 160.
Blechförmig 136.
Blei 2, 141 (2).
Bleiglanz 140.
Bleiglanzzwillinge 130.
Bleigrau, rein- 151.
—, rötlich- 151.
—, schwärzlich- 151.
—, weißlich- 151.
Boracit 41.
Borate 172.
Borax 177.
Boraxperle 181.
Borwolframsaures Cadmium 148.
Botanisiertrommel 9.
Brachydiagonale 92, 116.
Brachydiagonale Hemidomen 116, 123.
— Hemiprismen 121.

Brachydiagonale Pinakoide 116, 121, 123.
— Reihe der Hemiprismen 116, 121.
— — der rhomb. Doppelpyramiden 93, 95.
— — der rhomb. Prismen 93, 97.
— — der Tetartopyramiden 116, 119.
Brachydomen 95, 97.
Brachyhemidomen 121, 123.
Brachyhemiprismen 121.
Brachypinakoid 93, 98, 116, 124.
Brachyprismen, rhombische 96.
Brachypyramiden 95.
Brasilianer Gesetz 132.
Brasilianischer Amethyst 132.
Brauneisenerz 138.
Braunkohlen 3.
Brauns, Fuchs- — 10, 183.
Braunspat 128.
Bravais 32.
Bravais-Miller'sche Symbole 32.
Breccienartig 152.
Brechend, einfach- 164, 165.
Brechung, Doppel- 11, 160.
—, Licht- 160.
—, Polarisation durch 162.
Breithaupt 95, 142.
Brenzlichriechende Dämpfe 178.
Breunnerit 174.
Briefordner 20.
Brille, Schutz- 9.
Bromoform 148.
Bronzegelb 151.
Brookit 100, 174 (2).
Bruch 1, 11, 139.
—, ebener 139.
—, erdiger 139.
—, hackiger 139.
—, muscheliger 139.
—, splittriger 139.
—, unebener 139.
Bruchflächen, glatte 139.
—, rauhe 139.
Brunnenbauten 4.
Bukettartige Krystallgruppen 130.
Bunsenbrenner 175, 194.
Bunt angelaufen 152.
Buntkupferkies 152.
Büschel, garbenförmige — des Desmins 128.

C.

C-Achse 26.
Cadmiumborowolframatlösung 148.
Calcit 3, 158, 160, 174 (4).
Canadabalsam 163, 186.
Carangeot 15.
Carbonate 171.
Carnallit 151.
Centrierung 17.
Centrosymmetrische Abteilung 25, 116.
Cerussit 100, 133, 135, 150.
Cerussitdrillinge 135.
Chabasitzwillinge 131.
Chemische Eigenschaften der Mineralien 168 ff.
— Elemente 168.
— Formeln 171.
— Grundstoffe 168
— Reaktionen 169.
— Untersuchung 4, 169.
Chloride 171.
Chromoxyd 151.
Cölestin 100, 174.
Combinationen 39, 44, 48, 61, 68, 85, 100, 112, 125.
Combinationsecken 39, 62.
Combinationskanten 39, 62.
Copaivabalsam 163.
Cordierit 154.
Curcumapapier 177.
Cyanit 135.
Cyankalium 177, 179.
Cyklische Zwillinge 130.
Cylindrische Aggregate 136, 137.

D.

Dämpfe, brenzlichriechende 178.
—, empyreumatische 178.
Dauphinéer Gesetz 131.
— Zwillinge 131.
Dehnbar 141.
Deltoid-Dodekaëder 43.
— -Zwölfflächner 43.
Desmin 128.
Deuteroprisma, hexagonales 59.
— ,tetragonales 83.
Deuteropyramiden, hexagonale 56.
—, tetragonale 81.
Deutliche Spaltbarkeit 140.
Diamant 15, 142, 149, 158, 159 (2), 169, 174 (2).

Diamantglanz 149.
Diamantmörser 177.
Diamantzwillinge 130.
Dichroismus 154.
Dichroit 154.
Dichroskop 154.
Dichroskopische Lupe 154.
Dichte 144.
Dihexagon 57.
Dihexagonale Bipyramiden 57.
Dihexagonal-bipyramidale Klasse 25.
Dihexagonale Doppelpyramiden 55, 57, 65, 69, 72.
— Prismen 55, 59.
— Pyramiden 77.
Dihexagonal-pyramidale Klasse 25.
Dimorphie 173.
Dioptas 76.
Diploëder 47.
Disthen 125, 141.
Ditetragon 82.
Ditetragonal-bipyramidale Klasse 25.
Ditetragonale Doppelpyramiden 80, 82, 88, 89.
— Prismen 80, 84, 90.
Ditetragonal-pyramidale Klasse 25.
Ditrigonal-bipyramidale Klasse 25.
Ditrigonale Hemiëdrie 62.
— Prismen 75, 78.
— Tetartoëdrie 73.
Ditrigonal-pyramidale Klasse 25.
— -skalenoëdrische Klasse 25.
Dodekaëder, Deltoid- 43.
—, Dyakis- 47.
—, Pentagon- 46.
—, Rhomben- 34.
—, tetraëdrische Pentagon- 51.
Dodekaëdrische Hemiëdrie 24.
Dolomit 159, 174.
Domatische Klasse 25.
Domen 95, 97.
—, Brachy- 95, 97.
—, Makro- 95, 97.
Doppelbrechung 11, 160, 163, 164.
—, Polarisation durch — 163.
—, Stärke der — 161.
Doppelflächner 47.
Doppelkeilflächner 88.
Doppelpyramiden, dihexagonale 55, 57, 65, 69, 72.
—, ditetragonale 82, 88, 89.
Doppelpyramiden, hexagonale 54, 55.
—, — I. Art 55.
—, — II. Art 55, 56.
—, — III. Art 69.
—, rhombische 93, 101, 102.
—, tetragonale 80.
—, — I. Art 80.
—, — II. Art 81.
—, — III. Art 89.
—, trigonale 75.
Doppelspat, Isländischer 161.
Doppeltbrechende Körper 165.
Drahtförmig 136.
Drahtgazeschutzbrille 9.
Dreibasische Säuren 173.
Dreieckszwölfflächner 42.
Dreimalachtflächner 34.
Drilling 129.
Druse, Krystall- 135.
Drusenhaut 136.
Drusige Flächen 15.
— Überzüge 136.
Duktil 141.
Dünnflüssige Schmelzen 179.
Dünnschliffe, Gesteins- 164.
—, Mineral- 164.
Durchkreuzungszwillinge 128.
Durchscheinend 160.
Durchsichtig 150, 160.
Durchsichtigkeit, Grad der — 11, 159 ff.
Durchwachsungszwillinge 128.
Dyakisdodekaëder 47.
—, parallelkantige 48.
Dyakisdodekaëdrische Klasse 24.

E.

Ebene Flächen 13, 15.
Ebene, Symmetrie- 128.
—, Zwillings- 128.
Ebenen, Nebensymmetrie- 20.
—, Hauptsymmetrie- 20.
—, Zwischensymmetrie- 21.
Ebener Bruch 139.
Edelsteine, geschliffene 195.
—, lose 193.
Edelsteinimitationen 2.
Eglestonit 188.
Einachsig, optisch- 165.
Einbasische Säuren 173.
Einfachbrechend 164, 165.

Einfache hexagonale Pyramiden 78.
— — — I. Art. 77.
— — — II. Art. 77.
— tetragonale Pyramiden I. Art 91.
— — — II. Art 91.
— — — III. Art 91.
Einfarbig angelaufen 152.
Eingewachsene Krystalle 15.
Einrichtung der Sammlung 189 ff.
Einsäurige Basen 173.
Einschlüsse, Insekten- 3.
Einspringende Winkel 129.
Einundeingliedriges System 115.
Einzelflächen 116, 126.
Eisenbisulfid 174.
Eisenblech, Kästchen aus — 193.
Eisenblüte 187.
Eisenglanz 128, 131, 135 (2), 152, 156, 160.
Eisenoxyd 151.
Eisenrosen 128.
Eisenschwarz 151.
Eisenspat 151.
Eläolith 150.
Elastisch 141.
Elektrische Funken, Luminescenz durch — — 159.
Elektrizität 11, 166.
Elektromagnet 166.
Elektrometer 166.
Elektroskop 166.
Elemente, chemische 4, 168, 170.
— eines Krystalls 29.
Empyreumatische Dämpfe 178.
Enantiomorph 50, 51, 72, 74, 102.
Entwässerte Soda 177, 179.
Epidot 112, 140, 154.
Erdiger Bruch 139.
Erdwachs 3.
Etiketten 196.
—, alte 197.
— mit Vordruck 196.
— — vorgedruckten Mineralnamen 197.
Exkursionen 5.
Exkursionslupe 9.
Extraordinärer Strahl 161, 164.

F.

Fahlerz 41.
Farbe 11, 150 ff.
Färbende Metalloxyde 151.
Farben dünner Blättchen 152, 157.
—, metallische 151.
—, nichtmetallische 151.
Farbenringe, *Newton*sche 157.
Farbenschiller 11, 135, 155 ff.
Farbenskala, internationale 151.
Farbige Mineralien 151.
Farblose Mineralien 150.
Fasergyps 150, 156.
Faserige Aggregate 136.
Faserkalk 156.
Federförmig 136.
Feile 153.
Feinde der Mineraliensammlung 186ff.
Feinfaserige Mineralien 156.
Feinkrystallinische Aggregate 136.
Feldspat 130, 141, 142.
—, Kali— -Zwillinge 134.
Feldspate, trikline 134.
Feuchtigkeit, Schutz vor — 187, 194.
Festungsartig 152.
Fettglanz 150.
Fettig anzufühlen 167.
Fettquarz 150.
Fischabdrücke 3.
Fischleim, Kittung mit — 186.
Flächen, drusige 15.
—, ebene 13, 15.
—, genarbte 15.
—, gestreifte 15, 128.
—, matte 15.
—, rauhe 15.
—, Spaltungs- 140.
—, spiegelnde 15, 16.
—, zerfressene 15.
Flammenfärbung, Prüfung mittels — 176, 182 ff.
Flügeltüren 189.
Fluorescenz 157.
Fluorit 157, 158.
Flüssige Krystalle 13.
Flußspat (Fluorit) 140, 142, 151, 152, 157, 158 (2), 159, 166, 177.
— -Zwillinge 130.
Formeln, chemische 171.
Formen, asymmetrische 23.
—, geschlossene 55, 80, 93.
—, monosymmetrische 23.
—, offene 55, 77, 80, 93, 105.
—, rechte und linke 50.
—, trikline 23.

Formen, unsymmetrische 23.
Fortlaufende Numerierung 198.
Fossilien 3.
Fowlerit 188.
Fuchs-Brauns 10, 183.
Führer, geologische 5.
Fundnotizzettel 9 (2), 10.
Fundortangabe, genaue 9 (2), 10.
Fünfecksvierundzwanzigflächner 50.
Fünfeckszwölfflächner 46.
Fünflinge 129.
Funken, Luminescenz durch elektrische — 159.

G.

Garbenförmige Büschel 128.
Geadert 152.
Gebändert 152.
Gediegene Mineralien 2, 169.
Gefärbte Mineralien 150.
Geflammt 152.
Gefleckt 152.
Gefühl 11, 167.
Gegengestaltig 50.
Gegentetraëder 42.
*Geissler*sche Röhren 159.
Gemeinglänzende Mineralien 149.
Genarbte Flächen 15.
Geneigtflächige Hemiëdrie 41.
Geode 136.
Geologie 3.
Geologische Führer 5.
Geometrisches Ikosaëder 49.
Geradendfläche 60, 84.
Geruch 11, 167.
—, toniger 167.
Geschlämmte Mineralien 2.
Geschlossene Formen 55, 80, 93.
— Querböden 189.
— Spaltungsformen 140.
Geschmack 11, 167.
Geschmeidig 141.
Gesetz, Brasilianer 132.
— Dauphinéer 131.
Gesetzmäßige Verwachsung 127.
— Verwachsungen verschiedener Mineralien 127, 135.
Gesteine 1, 3, 4, 6.
Gesteinskunde 4.
Gesteinsdünnschliffe 164, 165.
Gesteinsschneidemaschine 185.
Gestreift 152.
Gestreifte Flächen 15, 128.
Gestrickte Formen 136.
Gewellt 152.
Gewicht, specifisches 11, 143 ff.
Gewöhnliches Licht 161.
Gewolkt 152.
Gitter, Beugungs- 156.
Glanz 1, 11, 148 ff.
Glänzend 149.
—, wenig 149.
—, stark 149.
Glasglanz 150.
Glasplattensätze 162.
Glatte Bruchflächen 137, 139.
Gleichartig, stofflich 2.
Gleichmäßig gefärbte Unterlage für Mineralien in Schau-Sammlungen 198.
Gleichwertige Achsen 26.
Glimmer 141, 156, 157, 159.
— -Schutzbrille 9.
Gold 2, 136, 139, 141 (2), 150, 160.
Goldgelb 151.
Goldklumpen, Gypsmodelle von — 2.
Goldsand 193.
Goldschmidt 183.
Goniometer 15.
—, Anlege- 15.
—, Kontakt- 15.
—, Reflexions- 16.
Grad der Durchsichtigkeit 11, 159 ff.
Granat 34.
Granatoëder 34.
Granit 4 (2).
Graphit 2, 167, 169, 174 (2), 197.
—, Hochofen- 2.
*Grassmann-Miller*sche Symbole 31.
Graupen, Visier- 133.
Greenockit 78.
Grenzen des Mineralreichs 2.
Grenzformen 34, 35, 36, 37, 38, 43, 46, 60, 84.
Grobkrystallinische Aggregate 136.
Größe der zu sammelnden Stücke 184 ff.
Groth, P. v. 18, 199.
Grund-Brachydomen 98.
— -Doppelpyramide 54, 81, 93, 94.
Grundform 29, 30, 54.
Grund-Hemidomen 111.

Grund-Hemiprismen 116, 121.
— -Hemipyramiden 107.
— -Klinodomen 111.
— -Makrodomen 97.
— -Pinakoide IV. Art 121.
— -Prisma, monoklines 105, 108.
— —, rhombisches 93, 96.
Grundpyramide 30, 54, 94.
Grundrhomboëder 64.
Grundstoffe 4, 170.
—, chemische 168.
Grund-Tetartopyramiden 119.
Gyps 112, 113, 140 (2), 141, 142, 143, 150 (2), 157, 158.
— -Modelle 2.
— -Zwillinge 134.

H.

Haarförmig 136.
Hackiger Bruch 139.
Haidinger 154.
Haidingers Dichroskop 154.
Halbdurchsichtig 160.
Halbe Prismen 114.
Halbflächner 41.
Halbgestaltung 62, 77.
Halbmetallischglänzende Mineralien 149.
Halbpyramiden 105.
Hammer 7 ff.
Hammertaschen 8.
Handlungen, Mineralien- 7.
Härte 11, 141 ff.
Härteskala 142.
Hauptachse 27 (2), 52, 79.
Hauptsymmetrieebene 20, 21, 22, 52, 79.
Hauy 28, 35.
Hemidomen 105, 109, 114, 121.
—, Brachy- 121, 123 ff.
—, brachydiagonale 116, 121, 123 ff.
—, hintere 110, 111.
—, klinodiagonale 114.
—, Makro- 121 ff.
—, makrodiagonale 116, 121 ff.
—, negative 110 (2)
—, positive 110, 111.
—, vordere 110 (2).
Hemiëder 41.
Hemiëdrie, ditrigonale 62.
—, dodekaëdrische 24.
Hemiëdrie, geneigtflächige 41.
— mit seitlich gewendeten Flächen 49.
—, parallelflächige 46.
—, pentagondodekaëdrische 41, 45 ff.
—, plagiëdrische 41, 49 ff.
— pyramidale 25 (2), 62, 69 ff. 87, 89 ff.
—, rhomboëdrische 25, 62, 63 ff.
—, sphenoidische, rhomb. 101 ff.
—, — tetragon. 25, 87 ff.
—, tetraëdrische 24, 41 ff.
—, trapezoëdrische hexagon. 25, 62, 71 ff.
—, — tetragon. 25, 87.
—, trigonotype 25, 62.
Hemiklinodomen 114.
Hemimorphe Achsen 167.
Hemimorphie 25 (2), 62, 77 ff., 87, 91, 102 ff., 114.
— der Hemiëdrie, tetragon. 25, 91.
— der Holoëdrie, hexag. 25, 77.
— — — ,tetragon. 25, 91.
— der pyramidalen Hemiëdrie 25, 78.
— der rhomboëdrischen Hemiëdrie 25, 77 ff.
— der trigonalen Tetartoëdrie 25, 78.
Hemiorthodomen 109.
Hemiprismen 114.
—, Brachy- 121.
—, brachydiagonale 121.
— der brachydiagonalen Reihe 116, 121.
— der makrodiagonalen Reihe 116, 121.
—, Grund- 116, 121.
—, Makro- 121.
—, makrodiagonale 121.
—, vertikale 116.
Hemipyramiden, Grund- 105, 107.
—, hintere 105, 106.
—, klinodiagonale Reihe der monoklinen — 105, 108.
—, monokline 105 ff.
—, negative 106.
—, orthodiagonale Reihe der monoklinen — 105, 107.
—, positive 106.
—, vertikale Reihe der — 105, 107.
—, vordere 105, 106.
Heparprobe 179, 180.
Herzförmige Zwillinge 132.

Hessel, J. F. Chr. 24.
Heteromorphie 174.
Heteromorphismus 174.
Heu als Packmaterial 9.
Heulandit 150.
Hexaëder 33.
Hexagon 52.
Hexagonal-bipyramidale Klasse 25.
Hexagonale Bipyramiden I. Art 55,56.
— — II. Art 56, 57.
— Deuteropyramiden 56, 57.
— Doppelpyramiden 54, 55 ff.
— — I. Art 55, 56.
— — II. Art 55, 56, 57.
— — III. Art 69, 70.
Hexagonale Prismen 58 ff.
— Pyramiden I. Art 77.
— — II. Art 77.
— Säulen 58 ff.
Hexagonales Deuteroprisma 59.
— Prisma I. Art 55, 58.
— — II. Art 55, 59.
Hexagonale Prismen III. Art 70, 71.
Hexagonales Protoprisma 58.
Hexagonale Protopyramiden 55, 56.
— Pyramiden, einfache 78.
— Trapezoëder 72.
Hexagonales System 25, 27, 52 ff.
Hexagonal-pyramidale Klasse 25.
— -trapezoëdrische Klasse 25.
Hexakisoktaëder 37, 39, 47, 49.
Hexakisoktaëdrische Klasse 24.
Hexakistetraëder 44.
Hexakistetraëdrische Klasse 24.
Hintere Hemidomen 105, 110, 111.
— Hemipyramiden 105, 106.
Hirschwald 183.
*Hittorf*sche Röhren 159.
Hochofengraphit 2.
Höchst unvollkommene Spaltbarkeit 140.
— vollkommene Spaltbarkeit 140.
Holoëder 24, 33.
Holoëdrie 24, 25 (4), 33, 52, 79, 92, 104, 116.
Holz, versteinertes 3.
Holzkästen 189.
Holzkohle 176, 179.
Holzwolle als Packmaterial 9.
Homogen 2.
Homöomorphie 174.
Hornblende 15, 113, 140, 167.
Hydrophan 167.
Hydrostatische Wage 145.
Hydroxylgruppe 172.
Hypersthen 150, 155, 156.

I.

Idiochromatisch 151.
Ikosaëder, geometrisches 49.
Ikositetraëder 36.
—, Pentagon- 50.
Indices, Rationalität der 29.
Insekteneinschlüsse in Bernstein 3.
Insolation 158.
Interferenzerscheinungen 157, 165.
Internationale Farbenskala 151.
Irisieren 157.
Isländischer Doppelspat 161.
Isle, Romé de l' 15.
Isodimorph 174.
Isolierende Stoffe 166.
Isomorphe Mischungen 174.
— Substanz 151.
Isomorphie 173 ff.
Isotrop, optisch- 164.

J.

Japan 132.
Jod 13.
Jodkalium 177, 181.
Justierung 17.
Juxtapositionszwillinge 128.

K.

Kalialaun 14.
Kalifeldspat 113, 134, 140 (2).
Kalilauge 177.
Kalisalpeter 177.
Kaliumbisulfat 177.
Kaliumjodid 177.
Kalkspat (Calcit) 140, 142, 150, 151 (2), 157, 158, 159 (3), 160, 161, 163, 166, 174 (3).
— -Zwillinge 131.
Kalkstein 3, 160.
Kalktuff 167.
Kaliumquecksilberjodidlösung 147.
Kantendurchscheinend 160.
Kanten, Mittel- 55.
—, Pol- 55.
—, Rand- 55.

Kantenwinkel 17.
— — Beständigkeit der — 15.
Kaolin 2, 167.
Karlsbader Zwillinge 134.
Kästchen aus Eisenblech 193.
—, Papp- 193.
—, Selbstanfertigung der — 193.
Katalog, Sammlungs- 199.
—, Zettel- 200.
—, — — mit Vordruck 200.
Kathodenstrahlen 159.
—, Luminescenz durch — 159.
Kathodoluminescenz 159.
Katzenauge 156.
Kauf von Mineralien 5, 7.
Kennzeichensammlung 11.
Keulenförmige Aggregate 136.
Kieselsäure, Nachweis der 182.
Kieselskelett 182.
Kieselzinkerz 103.
Kiesgruben 4.
Kitten zerbrochener Mineralien 186.
Kleben an der Zunge 167.
Klebschiefer 167.
Klebwachs 196.
*Klein*sche Lösung 148.
Klinodiagonale 104.
— Hemidomen 114.
— Reihe der monoklinen Hemipyramiden 105, 108.
— — — — Prismen 105, 109.
Klinodomen 105, 111.
Klinopinakoid 105, 112.
Klinopyramiden 108.
Klinorhomboidisches System 115.
Knieförmige Zwillinge 133.
Knollig 137.
Kobaltglas 183.
Kobaltlösung 177, 180.
Kobell, v. 183.
Kochsalz 13.
Kohlen 3, 187, 197.
Kohlenstoff 174.
—, eingelagerter 151.
Kohlenwasserstoffe 3.
Kölbchen 175.
—, Prüfung im — 177 ff.
Kommode 189.
Königswasser 153.
Kontaktgoniometer 15.
Kontaktzwillinge 128.
Konvergentes Licht, Polarisationsapparate für — — 165.
Korkstopfen, Paraffinieren der 194.
Körnige Aggregate 136.
Korund 142.
Kreide 149, 159, 167, 197.
Kreisförmige Krystallgruppen 130.
Krokoit 150.
Kryptokrystallinische Aggregate 136, 152.
Krystall 13.
—, negativer 137.
Krystalldruse 135.
Krystalldrusen, Lossprengen von — 8.
Krystalle, aufgewachsene 15.
—, eingewachsene 15.
—, flüssige 13.
—, lose 194, 195, 201.
—, matte 15.
—, mimetische 135.
—, negative 137.
—, rauhe 15.
—, schwebende 15.
—, verzerrte 14, 15.
—, zerfressene 15.
Krystallelemente 29.
Krystallflächen, Beschaffenheit der 15.
Krystallform 1, 11, 14, 15.
Krystallinisches Aggregat 136.
Krystallisation aus Dämpfen 13.
— — Lösungen 13.
— — Schmelzflüssen 13, 15.
Krystallisationsvermögen 13.
Krystallisieren 13, 14.
Krystallmessung 15 ff.
Krystallographie 12, 13 ff.
Krystallographische Bezeichnungsweisen 28 ff.
Krystallstock 128.
Krystallträger 195 ff.
Krystallverwachsungen 127 ff.
— sattelförmig gekrümmte 128.
Kugelige Aggregate 136, 137.
Kundt 167.
Künstlicher Rubin 2.
Kunstprodukte 2
Kupfer 2, 136, 139, 141 (2), 169.
Kupferglanz 100.
Kupferrot 151.
Kupferschiefer, Fisch- und Pflanzenabdrücke in — 3.

L.

Labradorit 140, 155, 156.
Lackieren der Mineralien 188.
Lackmuspapier 172 (2), 177, 178.
Lamellar 129, 136.
Lamellare Aggregate 136.
Lang, V. v. 155.
Längsachse 92.
Längsdomen 95, 97.
Längsprismen 95, 111.
Laumontit 188.
Lava 4.
Legierungen 2.
Lehmgruben 4.
Leichtmetalle 171.
Leicht zerfließende Mineralien 194.
Leiter der Elektrizität 166.
Leucit 15, 37.
Leucitoëder 37.
Licht, gewöhnliches 161.
—, polarisiertes 161.
—, Schutz gegen — 188.
Lichtabsorption 150, 163, 164.
Lichtäther 161.
Lichtbrechung 160.
Lichtempfindliche Mineralien 188.
Liëvrit 100.
Linke Formen 50.
Lokalsammler 5.
Lokalsammlung 201.
Lose Krystalle 194, 195, 201.
Lossprengen von Krystalldrusen 58.
Lösungen, schwere 147 ff.
Lösung, *Klein*sche 148.
— *Rohrbach*sche 148.
—, *Thoulet*sche 147.
Lötrohr 175, 179, 194.
—, Prüfung vor dem — 179 ff.
Lötrohranalyse 175 ff.
Lötrohrproben 175.
Lötrohrreaktionen 180.
Luftempfindliche Mineralien 188.
Luminescenz 157, 158.
—, Kathodo- — 159.
—, Photo- — 158.
—, Thermo- — 158.
—, Tribo- — 159.
Lupe 9, 16.
—, aplanatische 9.
—, dichroskopische 154.
—, Exkursions- 9.

M.

Mager anzufühlen 167.
Magnesiaglimmer 140.
Magnesit 174 (2).
Magnete, natürliche 165.
Magneteisen 165.
Magnetismus 11, 165 ff.
—, polarer 166.
Makrodiagonale 92, 116.
— Hemidomen 116, 121 ff.
— Hemiprismen 116, 121.
— Pinakoide 116, 121.
— Reihe der Hemiprismen 116, 121.
— — der rhombischen Doppelpyramiden 93, 95.
— — der rhomb. Prismen 93, 96.
— — der Tetartopyramiden 116, 119.
Makrodomen 93, 95, 97.
Makrohemidomen 121.
Makrohemiprismen 121.
Makrokrystallinische Aggregate 136.
Makropinakoid 93, 98, 116, 124.
Makroprismen, rhombische 96.
Makropyramiden 95.
Malachit 138.
Mandeln 136.
Manebacher Zwillinge 134.
Manganspat 188.
Markasit 100, 133, 174 (2), 187.
Marmor 142, 149, 160.
Massen, ungeschmolzene 179 ff.
Matt 149.
Matte Flächen 15.
Mayer, R. 24.
Medium 160.
Meissel 8.
Menschen, Schutz vor unverständigen — 188.
Merkurijodid 147.
Messinggelb 151.
Metallartiger Perlmutterglanz 150.
Metalle 171.
—, gediegene 2.
—, künstlich abgeschiedene 2.
—, Leicht- 171.
—, Schwer- 171.
Metallglanz 149.
—, unvollkommener 149.
—, vollkommener 149.
Metallische Farben 151.
Metallischglänzende Mineralien 149.

Metallklammern 198.
Metallkörner, geschmolzene 179, 180.
Metalloide 171.
Metalloxyde, färbende 151.
Metallrähmchen 192.
Meteoreisen 187.
Meteoriten, Gypsmodelle von — 2.
Methylenjodid 148.
Mikrokrystallinische Aggregate 136, 152.
Mikrolithen 156.
Mikroskop 4, 164.
—, Polarisations- 165.
Mild 141.
*Miller-Bravais*sche Symbole 32.
*Miller*sche Bezeichnungsweise 31.
— —, *Grassmann*- 31.
Mimetische Krystalle 135.
Mineral? Was ist ein — 1 ff.
Mineraldünnschliffe 164.
Mineralien, abfärbende 197.
—, Chem. Eigenschaften der 168 ff.
—, geschlämmte 2.
Mineralienankauf 5 ff.
Mineralienaustausch 5, 6.
Mineralienhandlungen 7.
Mineraliensammlung 1, 4, 184 ff.
Mineraliensammlungen, öffentliche 1.
Mineralisation 3.
Mischungen, isomorphe 174.
Mitscherlich 174.
Mittelecken 55, 80.
Mittelkanten 55.
Mittelkrystall 39, 49.
Modelle, Gyps- 2.
Mohr 145.
*Mohr-Westphal*sche Wage 145.
Mohs 142.
Molekulargewicht 171.
Moleküle 140, 141.
Monokline Hemiëdrie 25, 113, 114
— Hemimorphie 25, 114.
— Hemipyramiden 105 ff.
— Pinakoide 111.
— Prismen der klinodiagonalen Reihe 105, 109.
— — orthodiagonalen Reihe 105, 109.
— Säule 23, 108.
Monoklines Grundprisma 105, 108.
— System 27, 104 ff.
Monosymmetrische Formen 23.
Monosymmetrisches System 27, 104.
Morion 160.
Muscheliger Bruch 137, 139.
Muttergestein 185.

N.

Namenzettel 196 ff.
Natriumthiosulfat 177.
Naturkörper 2 (2).
—, anorganische 2, 3.
Natürliche Magnete 165, 166.
Naumann, C. F. 31.
*Naumann*sche Symbole 31.
Nebenachsen 27 (2), 52, 79.
Nebensymmetrieebene 20, 21, 22, 32, 52, 79.
Negative Hemidomen 110 (2).
— Hemipyramiden 106.
— Skalenoëder 66.
Negativer Krystall 137.
Neigungswinkel der Achsen 27.
Nephelin 78.
Netze, Trag- 9.
Neutrale Reaktion 172.
Neutralisation 172.
*Newton*sche Farbenringe 157.
Nichtmetalle 171.
Nichtmetallische Farben 151.
*Nicol*sches Prisma 155, 163 ff.
Nierenförmig 136, 137.
Nitrate 171.
Nonius 16.
Normale 17.
Normalenwinkel 17.
Normalformat 185.
Nörrenberg 162.
Notizzettel, Fund- 9, 10.
Numerierung der Mineralien 198.
— — —, fortlaufende 198.
Nummer 198.
Nummern, aufgeklebte 198.
—, aufgemalte 198.
Nummerschildchen an Schubkästen 192.

O.

Obsidian 4.
Offene Formen 55, 77, 80, 93, 105.
— Spaltungsformen 140.
Öffentliche Mineraliensammlungen 1.

Oktaëder 14, 28, 31, 33, 41 (2), 127, 129.
Oktaëderecken 34, 35, 36 (2), 37.
Oktaëderkanten 34.
Oktanten 26, 38, 92, 115.
Oligoklas 140.
Olivin 100.
Oolithisch 136.
Opal 3.
—, edler 156.
Optisch einachsig 165.
— isotrop 164.
— zweiachsig 165.
Optische Achsen 164.
Ordentlicher Strahl 154, 161.
Ordinärer Strahl 161, 164.
Organische Substanzen, Färbung durch 151.
Orientierung der Achsenkreuze 26.
Orthodiagonale 104.
— Reihe der monoklinen Hemipyramiden 105, 107.
— — der monoklinen Prismen 105, 109.
Orthodomen 105, 109.
Orthoklas (Kalifeldspat) 15, 113, 134, 140 (2), 142, 150.
— -Zwillinge 134.
Orthopinakoid 105, 111.
Orthoprismen 109.
Orthopyramiden 107.
Oxydationsflamme 176, 181, 182.
Oxyde 171.
Oxydieren 176.

P.

Packmaterial 9.
Paläontologie 3.
Paläontologische Sammlung 6.
Pappkästchen 193.
—, Selbstanfertigung der — 193.
Paraffinieren der Korkstopfen 194.
Parallelflächige Hemiëdrie 46.
Parallelkantige Dyakisdodekaëder 48.
Parallelverwachsungen 127.
Parameter 28.
Parameterverhältnisse, Rationalität der — 29.
Paramorphosen 138.
Pediale Klasse 116, 126.
Pedion 77, 78, 91, 102, 114 (2), 116, 126.
Pellucidität 159 ff.
Penetrationszwillinge 128.
Pentagondodekaëder 46.
—, tetraëdrische 51.
Pentagondodekaëdrische Hemiëdrie 41, 45.
Pentagonikositetraëder 50.
Pentagonikositetraëdrische Klasse 24.
Pergament, Verschluss mit — 194.
Perlmutterglanz 140, 149, 150.
—, metallartiger 150.
Petrefakten 6.
Petrographie 4, 165, 166.
Petroleum 3, 157.
Pfeile aus Glanzpapier 186.
Pflanzenabdrücke 3.
Phillipsit 135.
Phonolith 4.
Phosphate 172.
Phosphorescenz 157, 158.
Phosphorsalz 177.
Phosphorsalzperle, Prüfung in der — 181.
Photoluminescenz 158.
Physikalische Eigenschaften der Mineralien 139 ff.
Piëzoelektrisch 166.
Pinakoid, basisches 55, 60, 80, 84, 93, 99, 105, 112, 116, 125.
Pinakoidale Klasse 25, 116.
Pinakoide, brachydiagonale 116, 121, 123.
—, Grund- — IV. Art 121.
—, makrodiagonale 116, 121.
—, monokline 111.
—, vertikale 116, 120.
—, IV. Art 109, 116, 117, 118.
Pincette mit Platinspitzen 177.
Plagiëdrische Hemiëdrie 24, 41, 49 ff.
Plagioklase 125.
Plagioklaszwillinge 134.
Platinblech 177.
Platindraht 176, 181, 182.
Platinklumpen, Gypsmodelle von — 2.
Platinsand 193.
Plattner 183.
Pleochroismus 11, 153 ff.
Pleomorphie 174.
Polare Pyroelektrizität 167.
Polarer Magnetismus 166.

Polarisation durch Brechung 162.
— durch Doppelbrechung 164.
— durch Reflexion 162.
Polarisationsapparat 161, 162, 164.
— für konvergentes Licht 165.
Polarisationsmikroskop 165.
Polarisationsprismen 163.
Polarisator 155, 161, 164.
Polarisiertes Licht 161.
Pole 55, 77 165.
Polecken 55, 79, 80, 92, 93.
Polianit 174.
Polkanten 55, 56, 79, 80, 92, 93, 106.
Polymorphe Substanzen 138, 174.
Polymorphie 173, 174.
Positive Hemidomen 111.
— Hemipyramiden 106.
— Skalenoëder 65.
Präparatengläschen 193, 195.
Präparation der Mineralien 184 ff.
Princip, Archimedisches 144.
Prisma, hexagonales — I. Art 55, 58.
—, — — II. Art 55, 59.
—, *Nicol*sches 155, 163 ff.
—, quadratisches — I. Art 83.
—, — — II. Art 83.
—, tetragonales — I. Art 80, 83
—, — — II. Art 80, 83.
Prismatische Klasse 25.
Prismen, dihexagonale 55, 59, 60.
—, ditetragonale 80, 84, 90.
—, ditrigonale 75, 78.
—, halbe 114.
—, hexagonale 58 ff.
—, — — III. Art 70, 71.
—, monokline — der klinodiagonalen Reihe 105, 109.
—, — — der orthodiagonalen Reihe 105, 109.
—, — — IV. Art 105.
—, Polarisations- 163.
—, quadratische 83.
—, rhombische 93, 95 ff.
—, tetragonale 83.
—,— — II. Art 90, 91.
—, trigonale 75, 76, 78.
Protoprisma, hexagonales 58.
—, quadratisches 83.
—, tetragonales 83.
Protopyramiden, hexagonale 55.
—, tetragonale 80.
Prozentuale Zusammensetzung 170, 171.
Prüfung in der Phosphorsalz- und Boraxperle 181, 182.
— im Glasröhrchen 177 ff.
— im Kölbchen 177 ff.
— mittels Flammenfärbung 182, 183.
— vor dem Lötrohr 179 ff.
Pseudomorphosen 137, 138.
—, Ausfüllungs- 137.
—, Umhüllungs- 137.
—, Umwandlungs- 137.
—, Verdrängungs- 138.
Pulvergläser 194.
Punktiert 152.
Pyknometer 144.
Pyramidale Hemiëdrie, hexagonal- 25, 62, 69 ff.
— —, tetragonal- 25, 87, 89 ff.
Pyramidale Klasse, dihexagonal- 25.
— —, ditrigonal- 25.
— —, hexagonal- 25.
— —, rhombisch 25.
— —, tetragonal 25.
— —, trigonal- 25.
Pyramiden, einfache tetragonale — I. Art 91.
—, — — — II. Art 91.
—, — — — III. Art 91.
—, — rhombische 102.
Pyramidenecken 34.
Pyramiden, einfache hexagonale — I. Art 77.
—, — — — II. Art 77.
Pyramidenkanten 34, 36.
Pyramidenoktaëder 34, 43.
Pyramidenrhombendodekaëder 37.
Pyramiden, rhombische 102.
Pyramidentetraëder 42.
Pyramidenwürfel 35, 42, 46.
Pyrit 3, 41, 47, 167 174 (2), 187.
Pyritoëder 47.
Pyritzwillinge 130.
Pyroelektrizität 167.
—, polare 167.

Q.

Quadrat 83.
Quadratische Prismen 83.
— Säule 22, 83.

Quadratisches Prisma I. Art 83.
— — II. Art 83.
— System 27, 79.
Qualitative Analyse 169.
Quantitative Analyse 169.
Quarz 3, 15, 131, 135, 142, 150, 151, 159, 166, 171.
Quarzzwillinge 131, 132.
Quecksilber 2.
Querachse 92.
Querböden, geschlossene 189.
Querdomen 95, 97.
Querprismen 95.

R.

Radde 151.
Radialfaserige Struktur 136.
Radiumstrahlen 159.
Rammelsberg 183.
Rändecken 55, 80, 93.
Randkanten 55, 80, 93, 106.
Rationalität der Indices 29.
Rauchquarz 151, 160.
Rauh anzufühlen 167.
Rauhe Bruchflächen 138.
— Flächen 15.
Reaktion, neutrale 172.
Reaktionen, chemische 169.
Reagenzien 177.
Reagiergläser 176, 193.
Realgar 112, 188.
Rechte Formen 50.
Rechtwinklige Zwillinge 132.
Reducieren 176.
Reductionsflamme 176, 179, 182.
Reflektieren 149.
Reflexion 16.
—, Polarisation durch — 162.
Reflexionsgoniometer 16, 17.
Refraktion 160.
Regelmäßiger Achtundvierzigflächner 37.
Registriervorrichtungen 200.
Reguläres System 24, 26, 33 ff.
Reihenzwillinge 129.
Rein bleigrau 151.
Reinigen der Mineralien 10.
Reinigung mit Säuren 10.
Retractorisch 166.
Rhodochrosit 174.
Rhombendodekaëder 34, 42.
Rhombenflächner 63.
Rhombenzwölfflächner 34.
Rhombisch-bipyramidale Klasse 25.
Rhombische Bipyramiden 93 ff.
Rhombisch-bisphenoidische Klasse 25.
Rhombische Brachyprismen 96.
— Doppelpyramiden 93 ff., 101, 102.
— —, Brachydiagonale Reihe der — — 93, 95.
— —, Makrodiagonale Reihe der — — 93, 95.
— —, Vertikale Reihe der — — 93, 94.
— Hemiëdrie 25, 101.
— Hemimorphie 25, 102.
— Makroprismen 96.
— Prismen der brachydiagonalen Reihe 93, 97.
— — der makrodiagonalen Reihe 93, 96, 97.
— Pyramiden 102.
— Säule 22.
Rhombische Sphenoide 101, 102.
Rhombisches Grundprisma 93, 95.
— System 25, 27, 92 ff.
Rhombisch-pyramidale Klasse 25.
Rhomboëder 63 ff.
—, Grund- 64.
— I. Art 63, 76.
— II. Art 63, 76.
— III. Art 63, 76.
Rhomboëdrische Hemiëdrie 25, 62, 63 ff.
— Tetartoëdrie 25, 73, 76 ff.
Rhombus 22, 23, 92.
Riefen auf Krystallflächen 128.
Riffkorallen 3.
Ringförmig 152.
*Rohrbach*sche Lösung 148.
Röhrchen aus schwerschmelzbarem Glase 175.
Röhren. *Geissler*sche 159.
—, *Hittorf*sche 159.
Romé de l'Isle 15.
*Röntgen*strahlen 159, 160.
Rose 183.
Rosenquarz 188.
Rosten eisen- und manganhaltiger Erze 187.
Rotgültigerz 78, 184, 185.
Rotkupfererz 138, 140.

Rotkupfererz-Pseudomorphosen 138.
Rötlich bleigrau 151.
— silberweiß 151.
Rotzinkerz 78.
Rubin 151, 159.
—, künstlicher 2.
Rucksack 9.
Ruinenartig 152.
Rutil 133, 135 (2), 140, 156, 174 (3).
— -Zwillinge 133.

S.

Salmiak 13.
Salpetersäure 153, 171, 177.
Salze 172, 173.
Salziger Geschmack 167.
Salzsäure 153, 177.
Sammeln der Mineralien 4 ff.
Sammler, Lokal- 5.
Sammlung, allgemeine 201.
—, Einrichtung der — 189 ff.
—, Kennzeichen- 11.
—, Lokal- 201.
—, paläontologische 6.
Sammlungskatalog 199.
Sammlungsschränke 189 ff.
Sammlungszimmer 187.
Sandgruben 4.
Sattelförmig gekrümmte Krystallverwachsungen 128.
Säuerlicher Geschmack 167.
Sauerstoff 170.
— -Entwicklung 179.
Säule, monokline 23, 108.
—, quadratische 22, 83.
—, rhombische 22, 95.
—, regelmäßige sechsseitige 20.
Säulen, hexagonale 58 ff.
—, tetragonale 83 ff.
Säuren 172.
—, Reinigung mit — 10.
Säurewasserstoff 172, 173.
Schalig 136.
Schaliger Bau von Krystallen 152.
Schaukästen 191, 197.
Schausammlungen 1, 197, 198.
Scheelit 90, 140, 159.
Schellack, Kittung mit — 186.
Schildchen mit Inhaltsangabe der Kästen 192.
Schimmernd 149.
Schliffproben von Gesteinen 4.
Schmelzbarkeit 11.
Schmelzen, dünnflüssige 179.
Schneekrystalle 15.
Schubfächer 189.
Schubkästen 189.
Schuppige Aggregate 136.
Schutzbrille 9.
Schwalbenschwanzzwillinge des Gypses 134.
Schwärzlich bleigrau 151.
„Schwebende Krystalle" 15.
Schwefel 13, 100 (2), 101, 140, 150, 170, 178.
—, Prüfung auf — 179, 180.
Schwefeleisen 170, 171.
Schwefelkies 130, 138, 170, 171.
Schwefelsäure 177.
Schwere Lösungen 147 ff.
Schwermetalle 171.
Schwerspat 151.
Sechsflächner 33.
Sechslinge 129.
Sechsmalachtflächner 37.
Sechsmalvierflächner 44.
Sechsseitige Säule, regelmäßige 20.
Seidenglanz 150.
Seidenpapier als Packmaterial 9.
Selbstanfertigung der Kästchen 193.
Selbstgesammelte Stücke 5, 6.
Selenide 171.
Seltenheiten 7, 191.
Senkkörper 147.
Siderit 174 (2).
Silber 2, 136, 139, 141 (2), 152, 169, 188.
Silberglanz 141.
Silberweiß 131.
—, rötlich 131.
Silberzähne 188.
Silikate 172.
Skalenoëder 65, 73.
—, negative 66.
—, positive 66.
—, tetragonale 88.
Skalenoëdrische Klasse 25.
Skolezit 114.
Smithsonit 174.
Soda, entwässerte 177, 179.
Spaltbarkeit 11, 140.
—, deutliche 140.
—, höchst unvollkommene 140.

Spaltbarkeit, höchstvollkommene 140.
—, unvollkommene 140.
—, vollkommene 140.
Spaltungsflächen 140.
Spaltungsformen, geschlossene 140.
—, offene 140.
Speckstein 141, 143, 166, 167.
Specksteinpulver, Einreiben mit — 187.
Specifisches Gewicht 11, 143 ff., 174.
Speisgelb 151.
Spektroskop 177.
Sphenoide III. Art 91.
—, rhombische 101, 102.
—, tetragonale 87, 88.
Sphenoidische Hemiëdrie 25, 87, 101,
— —, rhombische 101 ff.
— —, tetragonale 87 ff.
— Klasse 25.
— Tetartoëder 91.
— Tetartoëdrie 25.
Spiegelbildlich 51.
Spiegelnde Flächen 15, 16.
Spinellzwillinge 129, 130.
Splittriger Bruch 139.
Spröde 141.
Stabmagnet 177.
Stahlgrau 151.
Stahlmörser 177.
Stanniol 177.
Stärke der Doppelbrechung 161.
Starkglänzend 149.
Staub, Schutz vor — 187, 189.
Staurolith 100, 135.
— -Zwillinge 133.
Steinbrüche 4, 6.
Steinheil, Lupe nach — 9.
Steinmark 167.
Steinsalz 140, 142, 150, 151, 159, 187.
Stenglige Aggregate 136.
Steno 14.
Sternsaphir 156.
Stofflich gleichartig 2.
Stolzit 90.
Strahl, außerordentlicher 154, 161.
—, extraordinärer 161, 164.
—, ordentlicher 154, 161.
—, ordinärer 161, 164.
Streifen auf Krystallflächen 128.
Streifung, Zwillings- 130, 135.
Strich 11, 152, 153.
Strichtafel 153.
Strontianit 158.
Struktur 11.
—, radialfaserige 136.
Struvit 102, 103, 188.
Sublimats, Bildung eines — 178.
Sulfate 172.
Sulfide 171.
Süßlicher Geschmack 167.
Syenit 4.
Symbole der chemischen Elemente 171.
—, *Grassmann-Miller*sche 31.
—, *Naumann*sche 31.
—, *Weiss*sche 29 ff.
Symmetrieebene 18.
—, Haupt- 20, 21, 22, 52, 79.
—, Neben- 20, 21, 22, 32, 52, 79.
—, Zwischen- 21, 22, 52, 79.
Symmetrieklassen 24.
Symmetrieverhältnisse der Krystallformen 18 ff.
Symmetrisch 18.
Syndetikon, Kittung mit — 187.

T.

Talk 141, 142, 143.
Tasche, Umhänge- 9.
Taschen, Hammer- 8.
Tauschobjekte 6.
Tausch von Mineralien 5, 6.
Teilflächner 24, 41, 62, 87, 101, 113.
Teilkreis 16.
Tenacität 11, 141.
Terlinguait 188.
Tetartoëder 41, 50, 73.
—, sphenoidische 91.
Tetartoëdrie 24, 50, 51.
—, ditrigonale 73.
—, Hemimorphie der trigonalen — 25.
—, rhomboëdrische 25, 73, 76.
—, sphenoidische 25, 91.
—, trapezoëdrische 25, 73 ff.
—, trigonale 25.
Tetartopyramiden 114, 116 ff.
— der brachydiagonalen Reihe 116, 119, 120.
— der makrodiagonalen Reihe 116, 119.
— der vertikalen Reihe 116, 119.
—, Grund- 116, 119.

Tetraëder 42.
—, Hexakis- 44.
—, Pyramiden- 42.
—, Triakis- 42.
Tetraëdrische Hemiëdrie 24, 41 ff.
— Pentagondodekaëder 51.
Tetraëdrisch-pentagondodekaëdrische Klasse 24.
Tetragon 79.
Tetragonal-bipyramidale Klasse 25.
— -bisphenoidische Klasse 25.
Tetragonale Bipyramiden I. Art 80, 81.
— — II. Art 81, 82.
— Bisphenoide 88.
— Deuteropyramiden 81.
— Doppelpyramiden 80 ff.
— — I. Art 80, 81.
— — II. Art 80, 81, 82.
— — III. Art 89.
— Prismen 83 ff.
— — III. Art 90.
— Protopyramiden 80.
— Pyramiden I. Art, einfache 91.
— — II. Art, — 91.
— — III. Art, — 91.
— Säulen 83.
— Skalenoëder 88, 89.
— Sphenoide 87, 88.
Tetragonales Prisma I. Art 80, 83.
— — II. Art 80, 83.
Tetragonales System 25, 27, 79 ff.
Tetragonal-pyramidale Klasse 25.
Tetrakishexaëder 35.
Thermitverfahren 2.
Thermolumineszenz 158.
*Thoulet*sche Lösung 147.
Tierblase, Verschluss mit — 194.
Tierversteinerungen 3.
Tigerauge 156.
Titandioxyd 174.
Titaneisen 156 (2).
Titansäure 174.
— -anhydrid 174, 181.
Tombakbraun 151.
Ton 149, 167, 197.
Tongruben 4.
Toniger Geruch 167.
Topas 100, 140, 142, 150, 159, 166, 188.
Tornister 9.
Trachyt 4.
Tragnetze 9.
Transport der Mineralien 9.
Trapezoëder, hexagonale 72.
—, tetragonale 87.
—, trigonale 73, 74.
Trapezoëdrische Hemiëdrie, hexagonale 25, 62, 71, 72.
— —, tetragonale 25, 87.
— Klasse 25.
— Tetartoëdrie 25, 73 ff.
Traubig 136, 137.
Triakisoktaëder 34, 43.
Triakistetraëder 42.
Tribolumineszenz 159.
Trichroismus 154.
Trigonal-bipyramidale Klasse 25.
Trigonale Doppelpyramiden 75.
— Prismen 75, 76, 78.
— Tetartoëdrie 25.
— Trapezoëder 73, 74.
Trigonal-pyramidale Klasse 25.
— -rhomboëdrische Klasse 25.
— -trapezoëdrische Klasse 25.
Trigondodekaëder 42, 43.
Trigonotype Hemiëdrie 25, 62.
Triklin 15, 115.
Trikline Formen 23.
Triklines System 25, 27, 115 ff.
Triklinoëdrisches System 115.
Trimorphie 173, 174.
Tritoprismen, hexagonale 70, 71.
—, tetragonale 90.
Tritopyramiden, hexagonale 69, 70.
—, tetragonale 89.
Tritosphenoide 91.
Tropfsteinartig 137.
Turmalin 150, 152, 154, 163, 166, 167.
Turmalinzange 163.

U.

Überzüge, drusige 136.
Übungen im Bestimmen von Mineralien 11.
Umhängetasche 9.
Umhüllungspseudomorphosen 137.
Umwandlungspseudomorphosen 137.
Undurchsichtig 150, 160.
Unebener Bruch 139.
Ungeschmolzene Massen 179 ff.
Ungleichwertige Achsen 26, 27, 29, 92.

Unregelmäßige Verwachsungen 127, 135 ff.
Unsymmetrische Formen 23.
Unterlage für Mineralien in Schausammlungen, gleichmäßig gefärbte — 198.
Untersätze für Mineralien in Schausammlungen 197.
Untersuchung, chemische 4, 169.
Unvollkommene Spaltbarkeit 140.
Unvollkommener Metallglanz 149.
Uranglimmer 140.

V.

Verblassen der Farben 188.
Verdrängungspseudomorphosen 138.
Verkieselte Hölzer 3.
Verschluß der Kästen 190.
— mit Paraffin 194.
— — Pergament 194.
— — Tierblase 194.
Versteinertes Holz 3.
Versteinerungen 1, 3, 6.
Vertikale Hemiprismen 116, 120.
— Pinakoide 120.
— Reihe der Hemipyramiden 105, 107.
— — der rhombischen Doppelpyramiden 93, 94.
— — der Tetartopyramiden 116, 119.
Verwachsung, gesetzmäßige 127.
—, — — verschiedener Mineralien 127, 135.
—, Krystall- 127 ff.
—, Parallel- 127.
—, unregelmäßige 135 ff.
Verwittern 187, 188.
Verzerrte Krystalle 14, 15.
Vierflächner 42.
Vierlinge 129.
Viermalsechsflächner 35.
Viertelflächner 41, 50, 73, 91.
Viertelpyramiden 114, 117 ff.
Vierundzwanzigflächner 36.
Visiergraupen 133.
Vitriole, Verwittern der — 187.
Vitriolisieren 187.
Vogelsang, H. 156.
Vollflächner 24, 33.
Vollkommene Spaltbarkeit 140.
Vollkommener Metallglanz 149.
Vordere Hemidomen 105, 110 (2).
— Hemipyramiden 105, 106.
Vordruck, Zettelkatalog mit — 200.
Vorproben 175.
Vorprüfung 175.

W.

Wachs, Kleb- — 196.
Wage, hydrostatische 145.
Wasserglas, Kittung mit — 186.
Wasserhell 160.
Wasserlösliche Mineralien 10, 167.
Wasserstoff 170, 172.
Watte als Packmaterial 9.
Weisbach, A. 10.
Weiss, Chr. S. 29.
Weißbleierz 140.
Weißlich bleigrau 151.
*Weiss*sche Symbole 29 ff.
Weißspiesglanzerz 100.
Wendezwillinge 130.
Wenig glänzend 149.
Werner 151.
Westphal 145.
Wiederholte Zwillingsbildung 129.
Wiederholungszwillinge 129.
Winkel 14.
— einspringende 129.
—, Kanten- 15, 17.
—, Normalen- 17.
Winkelmesser 15.
Wismut 2, 13, 136.
Wismutverbindungen, Nachweis von 181.
Witherit 100.
Wollaston 16.
Wulfenit 91, 150, 188.
Würfel 18, 33, 42.
Würfelecken 34, 35, 36 (2), 37.
Würfelkanten 36.
Wurmförmig 152.
Wurtzit 78.

X.

Xylol 148.

Z.

Zahnförmig 136.
Zapfenförmige Aggregate 136.
Zeitungspapier als Packmaterial 9.

Zerfließende Mineralien, Leicht- 194.
Zerfressene Krystalle 15.
Zettel für Fundnotizen 9, 10.
Zettelkatalog 200.
— mit Vordruck 200.
Zettel, Namen- 196 ff.
Zinkblende 41, 130, 140, 141, 149, 150, 159 (2).
Zinkvitriol 102.
Zinn 2.
Zinnchlorür 177.
Zinnfolie 177.
Zinnstein 140, 150.
— -Zwillinge 133.
Zinnweiß 151.
Zirkon 174.
Zone 17.
Zucker 13.
Zugeschärft 39.
Zugespitzt 39.
Zusammensetzung, prozentuale 170, 171.
Zusammenziehender Geschmack 167.
Zweiachsig, optisch 165.
Zweibasische Säuren 173.
Zweimalzwölfflächner 47.
Zweisäurige Basen 173.
Zwillinge, Bavenoër 134.
—, Berührungs- 128.
—, cyklische 130.
—, Dauphinéer 131, 132.
— des eisernen Kreuzes 130.
—, Durchkreuzungs- 128.
— Durchwachungs- 128.
—, herzförmige 132.
—, Juxtapositions- 128.
—, Karlsbader 134.
—, knieförmige 133.
—, Kontakt- 128.
—, Manebacher 134.
—, Penetrations- 128.
—, rechtwinklige 132.
—, Reihen- 129.
—, Schwalbenschwanz- 134.
—, Spinell- 129.
—, Wende- 130.
—, Wiederholungs- 129.
Zwillingsachse 128.
Zwillingsbildung 127, 128 ff.
—, wiederholte 129.
Zwillingsebene 128.
Zwillingsstreifung 130, 135.
Zwischensymmetrieebene 21, 22, 52, 79.

Berichtigungen und Zusätze.

Zu Seite 7, Zeile 8 von oben: lies »Lobkowitzplatz 1^{II}« statt »Magseder-Gasse 3«.
» » 7, Zeile 9 von oben: Das Pariser Zweiggeschäft der Foote Mineral Company, Philadelphia, Pennsylvanien, besteht nicht mehr; alle Angelegenheiten werden jetzt vom Stammhaus in Philadelphia erledigt.
» » 33, Zeile 12 von oben: das Komma hinter »schneiden« zu streichen.
» » 38, Zeile 14 von unten: das Komma hinter »die« zu streichen.
» » 45, Seitenzahl »45« zu ergänzen.
» » 47, Zeile 7 von unten: lies »zwölf zweiundeinundeinkantige« statt »zwölf zweiundeinkantige«.
» » 64, Zeile 11 von unten: Das Komma hinter »R« zu streichen.
» » 71, Zeile 13 von unten: ließ »(0P)« statt »(oP)«.
» » 95, Zeile 4 von unten: ein Doppelpunkt hinter »laufenden« zu ergänzen.
» » 95, Zeile 3 von unten: ein Doppelpunkt hinter »parallelen« zu ergänzen.
» » 97, Zeile 1 von oben: ein Doppelpunkt hinter »Miller« zu ergänzen.
» » 121, Zeile 9 von oben: je ein Doppelpunkt hinter »Naumannschen«, bzw. hinter »Millerschen« zu ergänzen.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Anhang

Inserate einschlägiger Firmen

Mineralien-Comptoir

JULIUS BÖHM, WIEN

I. Lobkowitzplatz Nr. 1, II. Stock

liefert zu den billigsten Preisen und coulantesten Zahlungsbedingnissen an öffentliche Schulen, Institute, Museen und Sammler:

Mineralien und Meteoriten

sowohl in einzelnen Stücken als auch in ganzen Sammlungen

Referenzen erster Fachautoritäten

Ansichts- und Auswahlsendungen stehen franko zu Diensten

Jede Anfrage wird prompt und ausführlich beantwortet

Kataloge auf Verlangen gratis

Kaufe jederzeit Mineralien und Meteoriten in einzelnen Stücken und ganzen Sammlungen zu besten Preisen und erbitte Offerte

L. SCHAUM

Klein Linden-Gießen

SPEZIALITÄT

in Anfertigung von Geologen-Hämmern
::: und -Meiseln nebst Stielen dazu :::
unter Garantie der größten Haltbarkeit

Kataloge stehen jederzeit gerne zu Diensten

Comptoir Minéralogique et Géologique Suisse

Grebel, Wendler & Cie.

Genf, 3 Cours des Bastions 3 (nahe der Universität).

Mineralien, lose Krystalle, Petrefakten, Gesteine, Krystallmodelle, Gypsabgüsse von Petrefakten, Mineralogische Instrumente und Bedarfsartikel, Dünnschliffe, Mineralien nach Gewicht für analytische Zwecke. Schaustücke von Mineralien und Fossilien. Meteoriten, geologische Karten und Reliefs.

Dynamo-geologische Sammlungen
:: Lagerstätten-Sammlungen ::
Mineralgenetische Sammlungen

Gesteine des Simplon-Tunnels. Profile des Tunnels.

Gesteine der Schweizer Alpen. Sammlung von 276 Typen mit Katalog, besorgt von Prof. Dr. *C. Schmidt,* Basel.

Gesteine des Mont Blanc — 80 Stück — gesammelt unter Leitung von Prof. *Duparc* und Dr. *Pearce.*

Geologische Karte der Mont Blanc-Kette nach Prof. *Duparc* und *Mrazec,* auf Leinwand (Taschenformat) Fr. 17.50, unaufgezogen Fr. 15.—.

Reliefs der Schweiz nach *C. Perron* und *X. Imfeld,* Ingenieur.

Beste Reliefkarte der Schweiz (Phototypie) 1:250000, aufgezogen Fr. 16.—, unaufgezogen Fr. 10.—.

Große Profilwandtafeln für den Anschauungsunterricht von Prof. Dr. *C. Schmidt:* Alpen, Jura, Vogesen, Ural, Kaukasus, Niagarafall, Apscheron, Rocky Mountains, Sumatra, Java, Penninische Alpen, St. Gotthard und Simplon.

Geotektonische und Dynamo-geologische Modelle von Dr. *Pearce* und Bergingenieur *Grebel* geologisch koloriert.

Groth, **Tabellarische Übersicht der Mineralien.** Französische Ausgabe. Fr. 8.50.

Grebel, **Anleitung zum Sammeln von Mineralien.** Fr. 1.—.

Desbuissons, **Carte topographique et minéralogique du Binnenthal,** 1:60000. Fr. 1.50.

Eintausch seltener Meteoriten gegen N'Goureyma.

OPTISCHES INSTITUT
VON
DR. STEEG & REUTER
HOMBURG V. D. HÖHE (BAD HOMBURG)

Spezialität:

Apparate u. Präparate zur Beobachtung der Erscheinungen doppelbrechender Mineralien u. Salze im polarisierten Licht

Orientierte Schliffe von Mineralien und Salzen
::: Hiervon Sammlungen von M. 50.— an :::

Quarz-, Gyps- und Glimmerpräparate, als Hilfsmittel zur mikroskopischen Untersuchung der Mineralien

KATALOGE GRATIS UND FRANKO

Winkler & Wagner
Naturhistorisches Institut u. Buchhandlung für Naturwissenschaften
vorm. Brüder Ortner & Co.
Wien XVIII., Dittesgasse Nr. 11

halten sich bestens empfohlen zur Lieferung sämtlicher

Geräte für Mineralogen

als: Achatmörser mit Pistill, Amboß, Areometer, Feile, Geognosier-Kompaß, Geologenhammer, Goniometer, Handwagen, Gewichte-Einsätze, Gramm-Gewichte, Härteskalen, Holzkohlen, Lötrohr, Lötrohrbestecke, Lötrohr-Reagenzkasten, Lupen, Mikroskope, Meisel, Mineralienhämmer, Mineralienschränkchen, ☞ größere Mineralienschränke und Laden nach speziellen Angaben fertigen wir auf Bestellung an und bitten Kostenvoranschläge zu verlangen. ☜ Mörser, Pyknometer nach Regnault, Schleifmaschinen für Handbetrieb zur Herstellung von Dünnschliffen und Kristallpräparaten, Strichtafeln, Taschen aus starkem Schweinsleder, für Geologen und Mineralogen, Turmalinzangen.

Die nötigen Utensilien und Materialien zur Herstellung von Dünnschliffen etc. liefern wir auf Bestellung gleichfalls.

Utensilien für Zoologen und Botaniker in mustergültiger Ausführung.

☞ Spezialität: Entomologische Bedarfsartikel. ☜

Hauptkatalog 8 mit über 600 Notierungen und ca. 300 Abbildungen steht gegen Einsendung von M. —.80 = K. 1.— (die bei Bestellung von M. 8.— = K. 10.— aufwärts vergütet werden) zur Verfügung.

Käfer und Schmetterlinge in Ia. Qualität zu billigsten Nettopreisen. Listen kostenlos.

Kristalle
Mineralien in schönen Stücken
Meteoriten

Planmäßige Zusammenstellungen von Mineralien aller Länder.

Amerikanische Gesteine.

In Kollektionen von fünfundzwanzig bis fünfzehnhundert Stück; Preis einer Kollektion: 20 Mark und höher; der Preis für handgroße Stücke (Durchschnittsgröße 10×7 cm) beträgt im Mittel Mark 1.60. — Seit 32 Jahren versorgen wir Bergakademien, Universitäten und Museen der ganzen Welt mit diesen Hilfsmitteln für das Studium der Mineralogie; auf Wunsch Referenzen von Professoren und Kuratoren der Mineralogie und Geologie.

Auswahlsendungen portofrei!

Gute Qualität ist schon dadurch gewährleistet, daß wir auch das Rückporto des Nichtgewünschten bestreiten. Unsere Preise sind ungefähr 31% niedriger als die anderer; ein Vergleich überzeugt; unser großer Umsatz ermöglicht diese Preisstellung.

Katalog (1) „Common Minerals" enthält Preislisten und Abbildungen von Sammlungen häufigerer Mineralien, Kristallsammlungen, Zusammenstellungen zur Illustration der Härte und anderer physikalischer Eigenschaften der Mineralien („Kennzeichensammlungen"), Mineralien nach Gewicht für Laboratoriumsbedarf, Einzelpreise von Handstücken der wichtigsten Mineralien.

Katalog (2) „Economic Minerals" enthält Sammlungen für Bergakademiker und Chemiker; planmäßige Zusammenstellungen auf Grund der physikalischen Eigenschaften der Mineralien; Laboratoriumslisten.

Beschreibende Verzeichnisse von **„Choice Minerals"** (mit Abbildungen) für Sammler und Museen erscheinen soeben und werden auf Wunsch kostenlos zugesandt.

Foote Mineral Company.

Gegründet 1876 von Dr. A. E. Foote

Leiter: W. M. Foote.

Dealers in Mineral Specimens and Commercial Rare Minerals.

107 N. 19th St. Philadelphia, Pennsylvania, U. S. A.

Proben unserer Etiketten.

„Travelling Exhibit"

(„Die Wanderaustellung") erhalten Sie frei ins Haus; sie besteht aus einer Auswahl neuer oder seltener Mineralien, jedes Stück mit genauer Bezeichnung versehen (vergl. unsere nebenstehenden Etiketten). Die Sendung ist in einem mit Schloß und Pappeinsätzen versehenen hübschen Eichenholzkasten untergebracht, was eine bequeme Besichtigung ohne mühsames Ein- und Auspacken ermöglicht.

Nichtgewünschtes bitte auf unsere Kosten zurückzusenden; auch tragen wir alles Risiko für verlorene oder beschädigte Sendungen; wir wollen zufriedenstellen!

Die Erfahrung lehrt, daß dieser stumme Vertreter, jedem willkommen, unser bester Verkäufer ist.

Sollte die Sendung zu ungelegener Zeit eintreffen, so mag sie beiseite gestellt werden, bis sich Muse zur Durchsicht findet.

Machen Sie uns Angaben über ungefähre Größe und Preis und unsere Stücke werden von selbst den Weg in Ihre Sammlung finden.

Ein europäisches Institut schreibt: „— — — die Stücke sind gut gewählt und gewöhnlich viel besser als diejenigen anderer Häuser dieses Faches".

Foote Mineral Company
107 N. 19th St.,
Philadelphia,
Pennsylvania, U. S. A.

Die Mineralien-Niederlage

der Königl. sächsischen Bergakademie zu Freiberg in Sachsen

ist ein staatliches Institut.

Sie befaßt sich mit der Lieferung von

Mineralien, Gesteinen, Versteinerungen und Belegstücken

für allgemeine Geologie und Lagerstättenlehre

an Museen und Private gegen Barzahlung oder Tausch.

Mineraliensammlungen einschl. Pappkästchen:

	30	50	75	100	150	200	300	400 Stück
4×5 cm	5	10	20	33	62	95	140	200 Mark
5×6½ cm	10	20	40	65	125	190	280	400 Mark
6½×8 cm	13	26	50	85	160	250	365	520 Mark

Einzelne Mineralien werden auf Wunsch zur **Ansicht** geschickt.

Gesteine in den Größen 6×8, 8×10 und 9½×11 cm sind zum Preis von 40 bis 80 Pf. in reicher Auswahl auf Lager.

Geologenhämmer zu 1.20, 1.40, 1.50, 1.80, 2.40 und 3.— M.
Hammertaschen zu 2.— M., Härteskalen 1.50, 6.— u. 10.— M.
Strichtafeln —.20 und —.50 M.
Messer zur Härtebestimmung 1.25 M. — Lupen 2.25 M.

Der Faktor der Königl. bergakademischen Mineralien-Niederlage
Dipl.-Ing. **Maucher.**

Reflexions-Goniometer

mit horizontalem Teilkreis und 2 Fernrohren

(siehe Prof. P. v. Groth's Krystallographie)

Preis M. 280.—.

Bergkompaß

in Aluminium-Gehäuse.

Preis M. 28.—.

Präzisions-Kameras.

Formate $6^1/_2 \times 9$, 9×12, 10×15 Hoch- und quadrat. Format,
9×14 Stereo-Panorama.

Ganz aus Aluminium mit allen modernen Vorzügen ausgestattet.

Val. Linhof, München, Goethestr. 36.

Ernst A. Böttcher, Naturalien- und Lehrmittel-Anstalt

Berlin C 2, Brüderstraße 15

Mineralien in Pracht- u. Schaustücken, sowie in klein. Exempl. f. Anfänger

Mineraliensammlungen für Anfänger, Fortgeschrittene und Schulen.

30 Mineralien in poliertem Kasten M. 10.— ::
50 (100) Mineralien in Fächerkarton M. 6.— (12.50)

Härteskalen v. M. 2.50 b. 10.50, Untersuchungssammlg. M. 10.— b. 20.—

Edelstein- und Diamant-Imitationen aus Glas

Kristallmodelle aus Glastafeln, Kristallglas, Holz, Pappe und Masse.

52 Pappmodelle in Kasten M. 13.—

Utensilien für Mineralien-Sammler in größerer Auswahl,

Mineralienhammer, Meißel, Lötrohre, Etiketten, Pappkästchen etc.

Lesern des vorliegenden Werkes sende ich auf Wunsch gratis und franko meine Kataloge P (über Mineralogie) und D (über Utensilien für Naturaliensammler) zu.

Lieferant vieler Staatsmuseen

Glimmer mit und ohne Einlagen

teilweise **sehr seltene Stücke**

Glimmerplättchen für mikroskopische Zwecke

empfiehlt

Breslauer Glimmerwarenfabrik

Krawutschke & Nebelung

Breslau V, Kopischstrasse 55.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig

Naumann, Carl Friedrich, Elemente der Mineralogie

Fünfzehnte, neu bearbeitete und ergänzte Auflage

von

Ferdinand Zirkel

Mit 1113 Textfiguren. XI und 821 S. gr. 8. 1907.

M. 14.—, in Halbfranz geb. M. 17.—

Im Verlag von

Wilhelm Engelmann in Leipzig

erschienen folgende Werke von

P. GROTH

Physikalische Krystallographie

und Einleitung in die krystallographische Kenntnis der wichtigsten Substanzen. Vierte, neubearbeitete Auflage. Mit 750 Abbildungen im Text und 3 Buntdrucktafeln. gr. 8. 1905. (XIV u. 820 S.) M. 19.—, in Halbfranz geb. M. 22.—.

Chemische Krystallographie.

Erster Teil: Elemente. Anorganische Verbindungen ohne Salzcharakter. Einfache und komplexe Halogenide, Cyanide und Azide der Metalle, nebst den zugehörigen Alkylverbindungen. Mit 389 Textfiguren. gr. 8. 1906. (VIII u. 626 S.) In Leinen geb. M. 20.—.

Zweiter Teil: Die anorganischen Oxo- und Sulfosalze. gr. 8. Mit 522 Textfiguren. 1908. (VI u. 914 S.) In Leinen gebunden M. 32.—.

Einleitung in die chemische Krystallographie.

Mit 6 Textfiguren. gr. 8. 1904. (V u. 80 S.) In Leinen geb. M. 4.—.

Grundriß der Edelsteinkunde.

Ein allgemein verständlicher Leitfaden zur Bestimmung und Unterscheidung roher und geschliffener Edelsteine. Mit 1 Farbentafel und 43 Holzschnitten. gr. 8. 1887. (IV u. 165 S.) M. 5.—, geb. M. 6.20.

Übersichtstabelle

der 32 Abteilungen der Krystallformen mit Erläuterungen, Beispielen und graphischer Darstellung nach Gadolin zusammengestellt. qu. gr. Fol. 1892. M. 1.—.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Viola, C. M., **Grundzüge der Krystallographie.** Mit 453 Abbildungen im Text. gr. 8. 1904. (X u. 389 S.) geh. M. 11.—, in Leinen geb. M. 12.—.

Sommerfeldt, Ernst, **Geometrische Krystallographie.** Mit 31 Tafeln und 69 Textfiguren. gr. 8. 1906. (XII u. 139 S.) M. 7.—.

Biltz, H., und W. **Biltz, Übungsbeispiele aus der anorganischen Experimentalchemie.** Mit 26 Textfiguren. gr. 8. 1907. (XI u. 232 S.) In Leinen geb. M. 7.—.

Reyer, E., **Geologische Prinzipienfragen.** Mit 254 Figuren im Text und auf einer Tafel. 8. 1907. (X u. 202 S.) M. 4.40.

Steinmann, Gustav,
Einführung in die Paläontologie. Zweite Auflage. Mit 902 Textabbildungen. gr. 8. 1907. (XII u. 542 S.) M. 14.—, in Leinen geb. M. 15.20.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

QE372 .B87 v.1
Mineralien-sammlungen; ein hand- un
Kummel Library AGD4574
3 2044 032 819 351

A543

Brendler, Wolfgang
AUTHOR

Mineralien-sammlungen. v. 1.
TITLE

DATE DUE	BORROWER'S NAME

DATE DUE

GAYLORD